



Ez a könyv arról szól,
hogyan bírja a beton a terhet
és tartóssága mely
feltételek mellett megfelelő.

Dr. Kausay Tibor: Betonoskönyv

DR. KAUSAY TIBOR

VAS **BETONOSKÖNYV**

*Anyagtani fogalmak,
tulajdonságok,
követelmények,
vizsgálatok*

I. kötet

Budapest, 2025.

Dr. Kausay Tibor

VAS BETONOSKÖNYV

*Anyagtani fogalmak,
tulajdonságok,
követelmények,
vizsgálatok*

leendő és meglelt
építő- és
építészmérnököknek

*arról, hogy miként van ma,
volt tegnap és lenne jó holnap*

I. kötet

Budapest, 2019.



Frissített, 2025. júniusi változat

Szerző:

Dr. Kausay Tibor PhD.

okl. építőmérnök, okl. vasbetonépítési szakmérnök
a műszaki tudomány kandidátusa
címzetes egyetemi tanár
fib Palotás László-díjas
MTA gróf Lónyay Menyhért-émlékermes
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Lektorok:

Dr. Balázs L. György PhD.

okl. építőmérnök, okl. mérnöki matematikai szakmérnök
a műszaki tudomány kandidátusa
egyetemi tanár
SZTNH Jedlik Ányos-díjas
fib Nemzetközi Betonszövetség tiszteleti elnöke
fib Magyar Tagozatának elnöke
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Dr. Erdélyi Attila

okl. építőmérnök
a műszaki tudomány kandidátusa
ny. egyetemi docens, címzetes egyetemi tanár
fib Palotás László-díjas
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

† Dr. Träger Herbert

okl. építőmérnök
címzetes egyetemi docens
Jáky-émlékermes, Apáthy Árpád-díjas,
Clark Ádám-életműdíjas, *fib* Palotás László-díjas

© Dr. Kausay Tibor

ISBN 978-615-00-6699-8 = AZ ELEKTRONIKUS VÁLTOZAT ISBN száma

DOI azonosító: 10.14755/betonosekonyv.1

Magánkiadás

TARTALOMJEGYZÉK**BEVEZETÉS****A. ALAPISMERETEK****1. ÁLTALÁNOS RÉSZ**

- 1.1. MÉRTÉKEGYSÉGEK
- 1.2. GÖRÖG ÁBÉCÉ ÉS RÓMAI SZÁMOK
- 1.3. RÖVIDÍTÉSEK
- 1.4. JELÖLÉSEK
- 1.5. FOGALMAK
- 1.6. VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA
 - 1.6.1. A termékek minőségellenőrzési hibaszintje
– elfogadási határa – fogalmának matematikai statisztikai értelmezése az ISO 2859 szabványsorozatban
 - 1.6.2. OC-görbe, működési jelleggörbe, elfogadási jelleggörbe
 - 1.6.3. Konfidencia jellemzők
 - 1.6.4. Extrémérték-eloszlás, extrémális-eloszlás
 - 1.6.4.1. Bevezetés
 - 1.6.4.2. Egyszerűsített extrémérték-eloszlás
 - 1.6.4.3. Általánosított extrémérték-eloszlás
 - 1.6.4.4. *Weibull*-eloszlás
 - 1.6.4.5. A beton-nyomószilárdság ferde eloszlásának kifejezése *Weibull*-eloszlással
 - 1.6.5. Regressziós függvények együtthatóinak meghatározása

2. SZABVÁNYOKRÓL

- 2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE
- 2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN

3. SZERKEZETEK TERVEZÉSI ÉLETTARTAMA**4. BETONOK IGÉNYBEVÉTELÉNEK ÉS TEHERBÍRÁSÁNAK TERVEZÉSI ÉRTÉKE**

- 4.1. AZ IGÉNYBEVÉTEL TERVEZÉSI ÉRTÉKE
- 4.2. A TEHERBÍRÁS TERVEZÉSI ÉRTÉKE

5. ÉPÍTMÉNYEK SZERKEZETI OSZTÁLYA**6. BETONFEDÉS**

- 6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE
- 6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA

7. BETONOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE**B. BETONTULAJDONSÁGOK OSZTÁLYAI****8. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY**

- 8.1. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY JELE
- 8.2. MÉRTÉKADÓ NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY MEGHATÁROZÁSA
- 8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE
- 8.4. NYOMÓSZILÁRDSÁGI FOKOZATOK

9. ÚTBETONOK HÚZÓ- ÉS NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYA**10. KÖRNYEZETI OSZTÁLY**

- 10.1. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK KÖVETELMÉNYEI

- 10.2. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK TÁRSÍTÁSA
- 11. ADALÉKANYAG NÉVLEGES LEGNAGYOBB SZEMNAGYSÁGA
- 12. KONZISZTENCIA OSZTÁLY
 - 12.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK, SZOKVÁNYOS BETONOK KONZISZTENCIA OSZTÁLYA
 - 12.2. ÖNTÖMÖRÖDŐ-ÖNTERÜLŐ BETON KONZISZTENCIA OSZTÁLYA
- 13. TESTSÚRÚSÉGI OSZTÁLY
- 14. FRISS BETONOK KLORIDIONTARTALMÁNAK OSZTÁLYA

C. BETONOK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

- 15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ
- 16. A CEMENT ÉS A BETON SZILÁRDULÁSI FOLYAMATA
 - 16.1. PORTLANDCEMENT HIDRATÁCIÓJA
 - 16.2. A VÍZ SZEREPE A CEMENTKÖBEN
- 17. KONZISZTENCIA
 - 17.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJA
 - 17.2. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA
 - 17.2.1. Roskadási mérték meghatározása
 - 17.2.2. Területi mérték meghatározása
 - 17.2.3. Tömörítési mérték és a tömörödési tényező meghatározása
 - 17.2.4. VEBE-méteres átformálási idő meghatározása
 - 17.2.5. Egyéb hagyományos konzisztencia vizsgálati módszerek
 - 17.2.6. Konzisztencia becslés a betonkeverőgép áramfelvétele alapján
 - 17.3. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJA
 - 17.4. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA
 - 17.4.1. Roskadási terület és t_{500} területi idő meghatározása
 - 17.4.2. Tölcséres kifolyási idő meghatározása
 - 17.4.3. Fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) terület vizsgálata
 - 17.4.4. FVB-vizsgálat az önterülőképeség, a viszkozitás és a blokkolódási hajlam meghatározására
 - 17.4.5. L-szekrényes (L-dobozos) kifolyás vizsgálata
 - 17.4.6. Fékező (blokkoló) rácsos vizsgálat U-alakú edényekben
 - 17.4.7. Fékező rudas folyási kiegyenlítődési képesség vizsgálata
 - 17.4.8. Fékező rudas átfolyási vizsgálat
 - 17.4.9. Ülepedési hajlam vizsgálata merülőrúddal
 - 17.4.10. Ülepedési hajlam, szétosztályozódási hajlam vizsgálata szitán
 - 17.4.11. Átmosási vizsgálat háromrészes edényben
 - 17.4.12. Kifolyási idő vizsgálata Orimet-csővel
 - 17.4.13. Viskozitás vizsgálata rheométerrel
 - 17.4.14. Megszilárdult öntömörödő beton szétosztályozódási vizsgálata szemrevételezéssel
 - 17.5. ÉPÍTÉSHELYI BETONBETÖLTÉSI KONZISZTENCIA
 - 17.5.1. Kiindulási friss beton és lágyítása
 - 17.5.2. Friss beton eltarthatósági ideje
 - 17.5.3. Folyósító adalékszeres friss beton eltarthatósági ideje
- 18. TESTSÚRÚSÉG

18.1.	FRISS BETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA	
18.2.	MEGSZILÁRDULT BETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA	
19.	LEVEGŐTARTALOM	
19.1.	FRISS BETON BENNMARADT LEVEGŐTARTALMA	
19.1.1.	A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása számítással	
19.1.2.	A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása méréssel	
19.2.	MEGSZILÁRDULT BETON LÉGBUBORÉKTARTALMA, TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJE	
19.3.	LÉGBUBORÉKKÉPZŐS SZILÁRD, FAGYÁLLÓ BETON LÉGBUBORÉKTARTALMÁNAK ÉS TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA	
20.	SZILÁRDSÁG	
20.1.	NYOMÓSZILÁRDSÁG	
20.1.1.	Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásos módszerrel	
20.1.1.1.	A nyomószilárdság-vizsgálati próbatestek törésképe	
20.1.1.2.	A gömbcsukló	
20.1.1.3.	A próbatest terhelt felületei tartományának alakváltozása	
20.1.1.4.	A nyomott felületek csiszolásának hatása a nyomószilárdságra	
20.1.2.	Különböző feltételek mellett meghatározott egyes vagy átlagos roncsolásos nyomószilárdság vizsgálati eredmények átszámítása	
20.1.3.	Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásmentes és kevésbé roncsoló módszerrel	
20.1.3.1.	Nyomószilárdság meghatározása <i>Schmidt</i> - kalapáccsal	
20.1.3.2.	Nyomószilárdság meghatározása az ultrahang terjedési sebességének mérésével	
20.1.3.3.	Nyomószilárdság meghatározása a kihúzóerő mérésével	
20.1.4.	A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében	
20.1.4.1.	A beton nyomószilárdságának terjedelme és relatív terjedelme	
20.1.4.2.	A beton nyomószilárdságának szórása és relatív szórása	
HIVATKOZOTT JOGSZABÁLYOK		
HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK, IRÁNYELVEK, SZABÁLYZATOK		
HIVATKOZOTT IRODALOM		

„Homines dum docent, discunt” „Tanítás közben az ember maga is tanul”
(*Seneca*¹, Levelei 7. Varietas delectat. Latin mondások. Minerva. 1986.)

Általában korán ébredek, télen megszokásból, nyáron azért, mert a nyitott ablakon át szívesen hallgatom a közeli parkban hajnali félnégykor megszólaló rigókat. Talán úgy gondolják, hogy ők ébresztik álmából a Napot, hiszen látva a sikert, nótázási kedvük alább is hagy. Lehet e rigó-hitben igazság, füttyszavukat hallva nekem hamarabb virrad. Ilyenkor jönnek a legjobb gondolatok, s minthogy – akárcsak az egyre erősödő nagyvárosi zajban a rigók – könnyen el is szállnak, azokat sebtében fel kell jegyezni. Évtizedeken át ilyen jegyzetek halmazából noteszlapok százai teltek meg – ezeket a tisztelt Olvasó a Betonopus-honlapról ismerheti –, amelyeket rendezve, bővítve, frissítve íródott ez a betonoskönyv.

BEVEZETÉS

E könyv a betonanyag-tani ismereteket összefoglaló hosszabb munka első része.

Közvetlen előzménye a *Magyar Mérnöki Kamara* kiadásában és a *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke* közreműködésével 2013-ban megjelent „Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése” című oktatási és továbbképzési kiadvány, amely az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány érvényességi idejének végén látott napvilágot.

Az EN 206-1:2000 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentumát (NAD), az MSZ 4798-1:2004 szabványt azért vonták vissza 2014. október 1-jén, mert forrás szabványait, az EN 206-1:2000 európai szabványt és módosításait az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) 2013. december 1-jén és annak honosított változatát, az MSZ EN 206-1:2002 szabványt a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) 2014. július 1-jén visszavonta.

A 2013. december 1-jén érvénybe lépett új európai betonszabvány az EN 206:2013, ennek 2014. július 1-jén bevezetett honosított változata az MSZ EN 206:2014 jelzetet kapta. Az MSZ EN 206:2014 szabványt az EN 206:2013 módosítása kapcsán 2017. június 1-jén (MSZ EN 206:2013+A1:2017), majd 2021. október 1-jén módosították, így ma az MSZ EN 206:2013+A2:2021 jelzetű honosított szabvány van érvényben.

A Magyar Szabványügyi Testület MSZT/MB 107 „Beton és előregyártott beton termékek” szabványosító műszaki bizottsága dr. Balázs L. György egyetemi tanár elnöklétével a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványt felváltó új magyar betonszabvány kidolgozását 2014. június 24-én kezdte meg, amelynek eredményeképpen 2016. április 1-jén megjelent az EN 206:2013 európai szabvány új nemzeti alkalmazási dokumentuma, a ma is érvényes MSZ 4798:2016 jelzetű új magyar betonszabvány.

Az MSZ EN 206:2014 szabvány módosítását átvezetve az MSZ 4798:2016 szabvány 2017. június 1-jén formai módosításon (MSZ 4798:2016/1M:2017), 2017. november 1-én pedig jelentős mértékű tartalmi módosításon (MSZ 4798:2016/2M:2018) esett át.

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 jelzetű módosításra az MSZ 4798:2016 szabvány érvénybe lépése óta eltelt mintegy másfél év alatt szerzett tapasztalatok és összegyűlt észrevételek figyelembevétele adott – a hatékonyabb szabványhasználat érdekében – okot.

Az MSZ 4798:2016 szabványt az MSZ 4798:2016/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 módosításokkal együtt kell használni.

E változások miatt kezdeményezte a *Magyar Mérnöki Kamara* a „Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése” című könyv átdolgozását és bővítését, de végül a könyv túlnőtte a Magyar Mérnöki Kamara által vállalható kereteket.

¹ Ifjabb *Lucius Annaeus Seneca* (Kr. e. 4, Cordoba – Kr. u. 65, Róma.) római filozófus és drámaíró, idősebb *Lucius Annaeus Seneca* (Kr. e. 54, Cordoba – Kr. u. 39, Cordoba) római szónok fia.

A 2013-ban megjelent mérnöki kamarai könyv nem ölelte fel a beton teljes anyagtanát, hanem a beton, mint félkésztermék legfontosabb – a szabványos betonjellel megnevezett – termékminősítő tulajdonságai és a beton alkotóanyagainak ugyancsak termékminősítő sajátosságai köréből merítette tartalmát, ugyanakkor ennek az átfogóbb, teljesebb betonanyagtani könyvnek, így annak I. kötetének is – amelyet az Olvasó kezében tart – a csírája lett.

A beton anyagtana a beton tulajdonságaival foglalkozik, és talán nem túlzás, ha eredetét mintegy kétszázötven évvel ezelőtre tesszük. Az angol *John Smeaton* 1756-ban írta le, hogy a mészkeőrleményhez agyagot adva olyan keveréket készített, amely kiegészítve, majd megőrölve és vízzel keverve víz alatt is megszilárdul, és a szilárdságát víz alatt is megtartja. E találmány alapján építette meg mész- és puccolántartalmú habarcs kötőanyaggal, gránitból az eddystone-i tengeri világítótornyot.

A beton anyagtana tehát régi és folyamatosan fejlődő tudományág, amelynek eredményei az építőmunkában hasznosulnak, a sikeres építményeken kívül legkézzelfoghatóbban úgy, hogy beépülnek a szabványokba. A szabvány társadalmi eszköz, amely a kor színvonalának megfelelő műszaki megoldások kedvező, egységes gyakorlati alkalmazását kínálja. A szabvány is folyamatosan változik, mert nem csak az adott tudományág fejlődését és a tapasztalatokat, hanem a társadalmi-gazdasági körülmények változását is követnie kell. A társadalomban és a gazdaságban a XX.-XXI. századforduló táján nagy változás következett be, és ez a szabványosításra is hatással volt: a magyar nemzeti szabványokat jórészt az európai szabványok váltották fel.

A szabványokon kívül szükség van olyan segédletekre, műszaki előírásokra és irányelvekre, szabványalkalmazási magyarázatokra, vagy akár példatárakra, amelyek a napi betonépítési feladatokban segítik az építési folyamat résztvevőit, a beruházókat (megrendelőket, vásárlókat), tervezőket, gyártókat, építőket (kivitelezőket), műszaki ellenőröket, laboratóriumi kutatókat, és amelyekre számos osztrák, német, brit stb. példa található.

Ezért célszerű áttekinteni, hogy a mai társadalmi-gazdasági viszonyokat is kifejező európai szabványok miként kezelik a betonanyagtani ismereteket, és nemzeti szempontjaink ebben az új szabványrendszerben miként érvényesíthetők. Mindezek összefoglalása azért fontos, mert a betonszabványok alkalmazása nélkül jó minőségű és tartós betont eredményező, üzletileg is sikeres építőmunka nem végezhető, és a szabványok helyes alkalmazása azok tartalmi háttérét képező betonanyagtani törvényszerűségek ismerete nélkül elképzelhetetlen.

A könyv voltaképpen építő- és építészmérnöki ismeretterjesztő, oktatási és továbbképzési kiadvány. A jó pap holtig tanul és ismereteit továbbadja, miközben abból maga is továbbtanul. A jelmondatként választott fenti *Seneca*-bölcsmondás igazságtartalmát a szerző is tanúsítja.

A szerző köszönettel tartozik a könyv megjelenését támogató szervezeteknek és kollégáknak, elsősorban a *BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszéknek* és elődjének – ahol ismereteit évtizedeken át gyarapította –, ezek munkatársainak és vezetőinek, mindenek előtt *dr. Balázs L. György* egyetemi tanár úrnak, a Tanszék tizenkilenc éven át volt korábbi vezetőjének és e könyv eredeti kézírata (2019) egyik lektorának; a többi a lektornak, *dr. Balázs L. György* egyetemi tanár úrnak, *dr. Erdélyi Attila* ny. egyetemi docens, címzetes egyetemi tanár úrnak és néhai *dr. Träger Herbert* ny. hódostályvezető, címzetes egyetemi docens úrnak; valamint *dr. Kiss Jenő* okl. építészmérnök, címzetes egyetemi tanár úrnak, a műszaki tud. kandidátusának, a Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozatának elnökének, aki a könyv megjelenését fáradhatatlanul szorgalmazta, továbbá mindazoknak, akik adatközléssel voltak szívesek annak tartalmát gyarapítani; és nem utolsósorban a kéziratot könyvvé, széles körben elérhető, kézzel fogható gondolatsorral alakító könyvkiadónak és nyomdának.

Budapesten, 2019. október havában Frissítve: 2023. szeptember havában

Dr. Kausay Tibor

A. ALAPISMERETEK

1. ÁLTALÁNOS RÉSZ

1.1. MÉRTÉKEGYSÉGEK

Az első mértékrendszert *Carl Friedrich Gauss* (1777-1855) német matematikus 1832-ben dolgozta ki, majd az 1881. évi párizsi mértékegység konferencián cgs-mértékrendszer (CGS-mértékrendszer) néven véglegesítették. Magyarországon a méter hosszmérték kötelező használatát a súly- és erőmértékről is rendelkező, „a métermérték behozataláról” szóló 1874. évi VIII. törvénycikk rendelte el 1876. január 1. hatállyal.



1.1.1. ábra: A méter tiszteletére 1840 körül vert érme a méter bevezetése – a metrikus rendszert 1799-ben Franciaországban vezették be – emlékére; felirata: „à tous les temps, à tous les peuples”, azaz „minden időnek, minden népnek” (Härtig, 2019), (Király et al., 2019), (<https://galaktika.hu/>)

A cgs-mértékrendszerben a gramm tömeget és súlyt (erőt) is kifejezett, amelyek megkülönböztetéséről és az erőnek, mint új alapmértékegységnek a bevezetéséről 1901 októberében az Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia (CGPM, Conférence générale des poids et mesures) határozott.

E műszaki-technikai mértékrendszert – minthogy a hosszúság mértékegysége a kilogramm (kg) és az erő mértékegysége a kilopond (kp) lett – m-kp-s, illetve MKpS- mértékrendszernek nevezték el.

Jelenleg hazánkban és Európában a mértékek kifejezésére az SI nemzetközi mértékrendszert használjuk. Az SI rövidítés a mértékrendszer francia elnevezéséből ered: *Système International d’Unités*. Az SI-mértékrendszer kidolgozása fél évszázadnál is tovább tartott, míg végül 1960-ban a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság elfogadta. Magyarországon az SI-mértékrendszert 1976-ban, a 8/1976. (IV. 27.) MT számú rendelettel vezették be. Ezt követően, 1978 és 1984 között látott napvilágot, és 2012 októberéig volt érvényben a 14 szabványból álló, az új fizikai mennyiségek nevével és jelével foglalkozó MSZ 4900 szabványsorozat. Az SI-mértékrendszerépitőipari alkalmazását az MSZ 15015:1979 szabvány tárgyalta; ezt a szabványt 2003. november 1-jén visszavonták.

A mennyiségek és mértékegységek mai, szabványos alkalmazásának alapját az SI-mértékrendszertovábbfejlesztésére a 2000-es évek elején született ISO 80000 nemzetközi

szabványsorozat képezi, amellyel a fizikai, fizikai-kémiai, matematikai stb. mennyiségek nevének és jelének fogalmát, írásmódját, használatát egységesítették. Az ISO 80000 szabványsorozattal létrehozott mértékrendszer neve: Mennyiségek Nemzetközi Rendszere (ISQ, International System of Quantities). Az ISQ-rendszer az SI-mértékrendszeren alapul, azzal tehát nem ellentétes, a két rendszer egymásnak megfelel. Az ISQ-rendszer hét alapmennyisége, akárcsak az SI rendszeré: hosszúság, tömeg, idő, áramerősség, hőmérséklet, anyagmennyiség, fényerősség. Az ISO 80000 jelű szabványsorozatba tizennégy szabvány tartozik, tárgykörei: általános előírások, matematikai jelek és szimbólumok, tér és idő, mechanika, termodinamika, elektromágnesség, fény, akusztika, fizikokémia és molekuláris fizika, atomfizika és nukleáris fizika, jellegzetes számok, félvezető fizika, információtudomány és -technika, humán fiziológiához tartozó telebiometria. Az ISO 80000 jelű szabványokat Magyarországon MSZ EN ISO, MSZ ISO vagy MSZ EN betűjellel vezették be, például az általános elveket az MSZ EN ISO 80000-1:2013, a mechanikai egységeket (értsd alatta mértékegységeket) az MSZ ISO 80000-4:2012, a termodinamikai egységeket MSZ ISO 80000-5:2012, a tér- és az időegységeket az MSZ ISO 80000-3:2012, a jellegzetes számokat az MSZ ISO 80000-11:2012, a matematikai jeleket az MSZ ISO 80000-2:2012 szabványban tárgyalják.

Az ISQ-rendszer és az SI-mértékrendszerlényegi azonossága folytán az SI-mértékrendszer mértékegységei az 1991. évi XLV. törvény és a végrehajtásáról szóló 127/1991. (X. 9.) Korm. rendelet értelmében ma is törvényes mértékegységek.

A Versailles-ban 2018. november 13. és 16. között tartott CGPM Általános Súly- és Mértékügyi Konferencián állásfoglalást adtak ki a mól, a kilogramm, a kelvin, és az amper fogalma új meghatározásának szükségességéről, amelynek alapján az átdogozott fogalmak 2019. május 20 óta érvényesek (BIPM/2019).

Az SI-mértékrendszerben hét alap mértékegység van, az összes többi mértékegységet (a sík- és térszög egységének kivételével) az alap mértékegységekkel fejezik ki. A származtatott mértékegységeken belül meg szokták különböztetni az önálló nevű SI-mértékegységeket, az önálló névvel nem rendelkező SI-mértékegységeket, az SI mértékrendszeren kívüli törvényes mértékegységeket, továbbá az SI-mértékrendszeren kívüli nem törvényes mértékegységeket (1.1. táblázat).

A legfontosabb önálló nevű származtatott SI-mértékegységek névadó tudósainak alapvető életrajzi adatait az 1.2. táblázatban tüntettük fel.

1.1. táblázat: SI-mértékegységek és „műszaki” mértékegységek

Fogalom	Mértékegység		Mértékegység jele a <i>Gauss</i> -féle cgs-rendszerben
	jele	neve	
Alap mértékegységek			
Hosszúság, út, lehajlás, megnyúlás, jeltávolság, hullámhossz stb.	m	méter	cm = 10 ⁻² m
Tömeg	kg	kilogramm	g = 10 ⁻³ kg
Idő	s	másodperc	s
Áramerősség	A	amper	–
Hőmérséklet	K	kelvin	–
Anyagmennyiség	mol	mól	–
Fényerősség	cd	kandela	–
			Kifejezés más mértékegységgel

Legfontosabb önálló nevű származtatott SI-mértékegységek

Erő (= tömeg×gyorsulás) Súly, súlyerő, nehézségi erő (= tömeg×nehézségi gyorsulás)	N	newton	$N = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ Az 1 kg tömegű test súlya = 9,81 N 1 tonnasúly = $10^3 \times 9,81 \text{ N} \sim 10 \text{ kN}$
Erő, súly, súlyerő, nehézségi erő mértékegysége az <i>m-kp-s</i> „műszaki” mértékrendszerben: kp (kilopond); (angol-amerikai mértékrendszerben: kgf (kilogram- force))	–	–	$1 \text{ kp} (= 1 \text{ kgf}) =$ $= (1 \text{ kg}) \times (9,81 \text{ m/s}^2) =$ $= 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 =$ $= 9,81 \text{ N} \sim 10 \text{ N}$
Nyomás és mechanikai feszültség, elsősorban szilárd testek esetén (= erő/felület) Rugalmassági (Young-) modulus	Pa	pascal	$\text{Pa} = \text{N/m}^2$ $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} =$ $= 1 \text{ N/mm}^2 =$ $= 1000 \text{ kN/m}^2$ $1 \text{ kp/mm}^2 = 9,81 \text{ N/mm}^2 =$ $= 9,81 \text{ MPa}$
Munka, energia, hőenergia (= erő×út)	J	joule	$J = \text{N} \cdot \text{m} =$ $= 0,23892 \text{ cal (kalória)}$
Teljesítmény (= munka/idő)	W	watt	$W = \text{J/s} = \text{V} \cdot \text{A}$ $1000 \text{ W} = 1,3598 \text{ LE}$
Frekvencia vagy rezgésszám (= 1/rezgésidő)	Hz	hertz	$\text{Hz} = 1/\text{s}$
Elektromos feszültség	V	volt	$V = \text{W/A} =$ $= \text{m}^2 \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A})$
Elektromos ellenállás	Ω	ohm	$\Omega = \text{V/A} = \text{m}^2 \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A}^2)$
Elektromos kapacitás	F	farad	$F = \text{A} \cdot \text{s/V} = \text{s}/\Omega =$ $= \text{A}^2 \cdot \text{s}^4/(\text{m}^2 \cdot \text{kg})$
Elektromos töltés	C	coulomb	$C = \text{A} \cdot \text{s}$
Fontos származtatott SI-mértékegységek, amelyeknek nincs önálló neve			
Terület, felület	m^2		$\text{m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$
Fajlagos felület (= felület/tömeg)	m^2/kg		$\text{m}^2/\text{kg} = 10 \text{ cm}^2/\text{g}$
Térfogati fajlagos felület (=felület/térfogat)	m^2/m^3		$\text{m}^2/\text{m}^3 = \text{m}^{-1} = 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$
Térfogat	m^3		$\text{m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$

1.1. táblázat folytatódik

1.1. táblázat folytatása

Fogalom	Mértékegység		Kifejezés más mértékegységgel
	jele	megjegyzés	
Fontos származtatott SI-mértékegységek, amelyeknek nincs önálló neve (folytatás)			
Inercia- (tehetetlenségi) nyomaték	m ⁴		m ⁴ = 10 ⁸ cm ⁴
Keresztmetszeti tényező, vagy más néven keresztmetszeti modulus	m ³		m ³ = 10 ⁶ cm ³
Sebesség, Darcy-féle vízáteresztési együttható (= út/idő)	m/s	μs = = 10 ⁻⁶ s	m/s = 10 ⁻³ mm/μs
Gyorsulás (= sebesség/idő)	m/s ²		m/s ²

Sűrűség fogalomköre: anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség (= tömeg/térfogat)	kg/m ³	Az 1 kg/m ³ anyag- sűrűségű test	kg/m ³ = 10 ⁻³ g/cm ³ = = 10 ⁻³ kg/liter
Fajsúly fogalomköre: fajsúly, térfogatsúly, halmazsúly (= súly/térfogat)	N/m ³	fajsúly 9,81 N/m ³	N/m ³ = kg/(m ² ·s ²)
Fajhő (újabb neve: fajlagos hőkapacitás) [= hőenergia/(tömeg×hőmérséklet- különbség)]	T/(kgK)		T/(kg·K) = m ² /(s ² K)
Hőtágulási együttható	1/K		
Hővezetési tényező (anyag jellemző)	W/(mK)		
Hőátbocsátási tényező (szerkezeti jellemző) (= hővezetési tényező/rétegvastagság)	W/(m ² K)		
Lég-áteresztőképesség (hidrodinamikai permeabilitás)	m ²		
Párovezetési (páradiffúziós) tényező (anyag jellemző)	kg/(msMPa)		kg/(ms·MPa) = = 1000 g/(m·s·MPa)
Páraátbocsátási tényező (szerkezeti jellemző) (= párovezetési tényező/rétegvastagság)	kg/(m ² sMPa)		kg/(m ² s·MPa) = = 1000 g/(m ² sMPa)
Diffúziós együttható, tényező (áramlási erősség/sűrűség-gradiens)	m ² /s		cm ² /s = 10 ⁻⁴ m ² /s
Törvényes, az SI- mértékrendszeren kívüli legfontosabb mértékegységek			
Hőmérséklet	°C		°C = K - 273,15
Térfogat	liter		liter = 10 ⁻³ m ³

1.1. táblázat folytatódik

1.1. táblázat folytatása

Fogalom		Mértékegység		Kifejezés más mértékegységgel	
		jele	neve		
Fontos származtatott SI-mértékegységek, amelyeknek nincs önálló neve (folytatás)					
Folyadékok és gázok nyomása		bar		bar = 10 N/cm ² = = 0,1 N/mm ² = = 1 att = 2 ata	
Légnyomás	1 atm (fizikai atmoszféra) = 760 Hg mm = 101325 N/m ² = 1,01325 bar = = 1,033 at = 760 torr ~ 0,1 MPa = 100 kPa = 0,1 N/mm ² 1 at (technikai atmoszféra) = 98066,5 N/m ² = 0,980665 bar = 0,967841 atm = = 735,6 torr 1 ata (abszolút technikai atmoszféra) = 1 at 1 att (technikai atmoszféra túlnyomása, az 1 at feletti nyomás) = 2 ata, és például 2 att = 3 ata, 3 att = 4 ata stb. atü, Atmosphäre Überdruck = az att atmoszféra túlnyomás német jele				
Nem törvényes, az SI-mértékrendszeren kívüli mértékegységek					
Vízoszlop nyomás	1 vízoszlop-milliméter nyomást fejt ki az 1 mm magasságú vízoszlop, ha a külső nyomás 1 atm A beton MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerinti vízzáróság vizsgálata során alkalmazott 5 bar = 0,5 N/mm ² víznyomás az 50 m magasságú vízoszlop nyomásának (50 H ₂ O m) felel meg.		H ₂ O mm (vízoszlop-milliméter) = = 9,81 N/m ² = 10 ⁻⁴ at H ₂ O m = 9,81×10 ³ N/m ² = = 9,81×10 ⁻³ N/mm ² ~ ~ 0,01 N/mm ² = 0,1 bar		
Dinamikai viszkozitás ($\eta = \tau \times t$); Dinamikai belső súrlódás ($\eta = \tau \times t$); Nyírásimpulzus ($\eta = I_\tau = \tau \times t$); Felületegységre eső nyíróerőimpulzus ($\eta = \frac{I_{Fs}}{A} = \tau \times t$); Viszkozitási tényező ($\eta = \tau \times t$); (egyszerűen: Viszkozitás = nyírás×idő), mint az anyagok, testek, halmazok belsejében az alakváltozással szemben ható fizikai jelenség szinonimái		N·s/m ² = (N/m ²)·s = = Pa·s		P = g/(cm·s) = = 0,1 kg/(m·s)	poise
		Átszámítás: P = 0,1 N·s/m ² = = 0,1 Pa·s		A 20,2 °C hőmérsékletű víz viszkozitása: 1 cP = 10 ⁻² P = = 10 ⁻³ N·s/m ² = = 10 ⁻³ Pa·s = mPa·s	
Kinematikai viszkozitás (= dinamikai viszkozitás/sűrűség = = η/ρ)		m ² ·s Átszámítás: St = 10 ⁻⁴ m ² /s cSt = 10 ⁻² St = = 10 ⁻⁶ m ² /s		St = P/(g/cm ³) = = P·cm ³ /g = = cm ² /s	stokes
A mértékegységek 1.1. táblázatának részletesebben kidolgozott – ennek a könyvnek a lapjain el nem férő – változata a következő weboldalon található: http://www.betonopus.hu/notesz/mertekegyseg/mertekegyseg.pdf					

1.2. táblázat: Legfontosabb önálló nevű származtatott SI-mértékegységek névadó tudósai

amper	André Marie Ampère	(1775-1836) francia fizikus
celsius	Anders Celsius	(1701-1744) svéd fizikus
coulomb	Charles Augustin de Coulomb	(1736-1806) francia fizikus
farad	Michael Faraday	(1791-1867) angol fizikus
hertz	Heinrich Hertz	(1857-1894) német fizikus
joule	James Prescott Joule	(1818-1889) francia származású angol fizikus
kelvin	William Thomson Kelvin	(1824-1907) angol fizikus
newton	Sir Isaac Newton	(1642-1727) angol fizikus, matematikus
ohm	Georg Simon Ohm	(1787-1854) német fizikus
pascal	Blaise Pascal	(1623-1662) francia matematikus, filozófus
poise	Jean Louis Poiseuille	(1799-1869) francia orvos és fizikus
stokes	George Gabriel Stokes	(1819-1903) angol fizikus, matematikus
volt	Alessandro Volta	(1745-1827) olasz fizikus
watt	James Watt	(1736-1819) angol finommechanikus, gépész

Megjegyzések az 1.1. táblázathoz a ², ³ és ⁴ lábjegyzetben található, az utóbbi az 1.2. táblázattal is kapcsolatos.

² A hét SI alapegység meghatározása a következő:

- Egy *másodperc* (s) az alapállapotú ¹³³Cs atom két hiperfinom energiaszintje közötti átmenetének megfelelő sugárzás periódusidejének 9192631770-szorosa. (A cézium (Cs) a legnehezebb alkálifém, sűrűsége 1,9 g/cm³.)
- Egy *méter* (m) az a távolság, amelyet a fény vákuumban 1/299792458 másodperc alatt tesz meg (Bay Zoltán professzor meghatározása).
- Egy *kilogramm* (kg) a kilogramm-prototípusnak nevezett test tömegével egyenlő. A kilogramm volt az egyetlen alapegység, amelyet 2019 májusa előtt nem természeti mennyiséggel, hanem mesterséges etalonnal, az úgy nevezett „őskilogrammal” határoztak meg. Az őskilogrammot a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, a Párizs melletti Sèvres-ben őrzik. 1998. szeptember 29-i hír az OMIKK honlapjáról: „Az Egyesült Államok szabványügyi intézete, a National Institute of Standards and Technology fizikai laboratóriumának kutatói minden eddiginél pontosabban megmérték a mikrovilág egyik legfontosabb fizikai állandója, a *h Planck-állandó* értékét, ami megnyithatja az utat ahhoz, hogy a tömeg egysége, a kilogramm fogalmát (definícióját) mérhető természetes mennyiséghez kössék.”. A CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalásának megfelelően a kilogramm új fogalom-meghatározása (definíciója) 2019. május 20 óta érvényes (BIPM/2019).

Megjegyzés: *Max Karl Ernst Ludwig Planck* (1858, Kiel – 1947, Göttingen) Nobel-díjas német elméleti fizikus, a kvantummechanika megalapozója. Egyetemre Münchenben és Berlinben járt, termodinamikai értekezésével 1878-ban doktorált. 1885-ben a kiel Christian Albert Egyetem rendkívüli egyetemi tanára, 1889-ben a Berliini Egyetem elméleti fizika – belépésekör rendkívüli tanára – professzora lett. 1894-ben a Porosz Tudományos Akadémia fizika-matematikai osztályának rendes tagja, 1912-től örökös titkára volt. A hatáskvantum felfedezéséért a Nobel-díjat 1919-ben kapta meg. A II. világháború – beleértve a megelőző éveket is – nehéz megpróbáltatásokat hozott az idős *Max Planck* életében. Fiát, Erwin Planckot részvételéért a Hitler ellen megkísérelt merénylet előkészítésében 1945. január 23-án kivégezték.

- Egy *amper* (A) annak az állandó elektromos áramnak erőssége, amely két párhuzamos, egyenes, végtelen hosszúságú elhanyagolhatóan kis kör keresztmetszetű, vákuumban egymástól 1 m távolságban elhelyezett vezetőben folyva a két vezető között méterenként $2 \cdot 10^{-7}$ N erőt hozna létre ($1\text{N} = 1\text{kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-2}$). Az amper új fogalom-meghatározása a CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalása szerint 2019. május 20 óta érvényes (BIPM/2019).
- 1 *kelvin* (K) a víz hármasponti termodinamikai hőmérsékletének ($611,73$ Pa nyomáson $273,16$ K $\approx 0,01^\circ\text{C}$) mintegy $1/273,16$ -od része. A Kelvin- és a Celsius-skála osztásköze azonos: $\Delta(1\text{ K}) = \Delta(1^\circ\text{C})$. A gyakorlatban mondhatjuk, hogy $\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,16$, illetve $0\text{ K} = -273,16^\circ\text{C}$ és $273,16\text{ K} = 0^\circ\text{C}$. A CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalásának megfelelően a kelvin új fogalom-meghatározása 2019. május 20 óta érvényes (BIPM/2019).
- Egy *mól* (mol) annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely ugyanannyi egyedi részecskéből áll, mint ahány atomot $0,012\text{ kg }^{12}\text{C}$ tartalmaz. A mól használatakor meg kell adni a részecskék típusát, amelyek lehetnek atomok, molekulák, ionok, elektronok, más részecskék vagy a felsorolt részecskékből álló, pontosan meghatározott összetételű csoportok. A mól új fogalom-meghatározása a CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalásával 2019. május 20-én lépett érvényre (BIPM/2019).
- Egy *kandela* (cd) annak a sugárforrásnak a fényerőssége, amely $540 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ frekvenciájú monokromatikus sugárzást bocsát ki, és a kibocsátás irányában egységnyi térszögben $1/683$ watt térerősséggel sugároz.

Az összes többi mértékegység ezekből származtatható (kivéve a két kiegészítő egységet, a síkszög egységét, a radiánt, és a térszög egységét).

³ *Pierre-Simon de Laplace* (1749, Beaumont-en-Auge, Normandia – 1827, Párizs) francia matematikus, csillagász és fizikus javaslatára a francia nemzetgyűlés 1790. május 8-án fogadta el a „méter”-t a hosszúság mértékegységékként, valamint azt, hogy „a méter a Párizson áthaladó délkör negyedének tízmilliomod részével egyenlő”. Ennek alapján 1795-ben készült el az első platina méteretalon. Ezt követően az európai országok egymásután fogadták el az új mértékegységet, mértékrendszert és a tízes számrendszert. Magyarországon az 1874. évi „a métermérték behozataláról” című VIII. törvénycikk jogszabályba foglalta a méterrendszert és a tízes számrendszert. 1876. január 1. hatállyal a törvény előírta a méterrendszer, a méter egységéből felépített terület, térfogat, súly, erő egységek használatát. Magyarország is csatlakozott (1876. II. t. c.) a Párizsban létrehozott Nemzetközi Méterkonvencióhoz.

A mértékegység hazai meghonosításában, megismertetésében, a teendők meghatározásában, 1867-es megalakulását követően a Magyar Mérnök Egylet (1872. után Magyar Mérnök és Építész Egylet) kiemelkedő szerepet játszott. E tevékenység szervezője, irányítója *Kruspér István* (1818-1905), a kiváló geodéta, műegyetemi tanár, az Akadémia rendes tagja volt, aki a geodézián kívül mechanikát, mértant, matematikát, géptant is tanított. A kormány *Kruspér István*

előterjesztése alapján állította fel a mai Országos Mérésügyi Hivatal elődjét, a Mértékhitelítő Bizottságot. Vezetőjéül *Kruspér* professzort nevezték ki (1878-1894). E felelősségteljes megbízást tizenhat éven keresztül látta el. A Párizsban székelő Nemzetközi Súly- és Mértékbizottság 1879-es megalakulásakor *Kruspér* professzort is tagjai közé választotta, s e funkcióját tizenöt éven át töltötte be (*Sipos M.*, 2001). Emlékét a Műegyetem aulájában álló mellszobra, Budapest XI. kerületében, a Lágymányoson, a Műegyetem közelében pedig utca őrzi.

A méter meghatározását a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal *Bay Zoltán* magyar kísérleti fizikus javaslata alapján 1983-ban fogadta el. *Bay Zoltán* 1900. július 24-én született a Békés megyei Gyulaváriban. A Tungsram Kutató Laboratóriumának, a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Egyesült Izzó által alapított Atomfizika Tanszékének volt a vezetője. Számtalan tudományos eredménye közül legismertebb: 1946-ban, Budapestről a Hold "radarozásával" nagy pontossággal megmérte a Föld-Hold közötti mintegy 400000 km-es távolságot. A nemzetközi hírnév ellenére 1948-ban kénytelen volt elhagyni Magyarországot. Az Egyesült Államokban a George Washington Egyetem professzora lett. Itt dolgozott együtt barátjával, *Neumann Jánossal*, a tárolt programvezérlés elvű számítógép atyjával. Az utóbbi években (például 1986.) többször járt Magyarországon. Washingtonban, 1992. október 4-én halt meg, hamvait végső kívánsága szerint szülőföldjén helyezték el (*Sipos L.*, 2000).

⁴ Az önálló nevű származtatott SI mértékegységek helyesírási szabálya, hogy a névadó tudós nevét természetesen nagy kezdőbetűvel (például *Newton*), de a mértékegység nevét kis kezdőbetűvel (például *newton*) írjuk, és a tudós nevének nagy kezdőbetűjével (például *N*) rövidítjük.

1.3. RÖVIDÍTÉSEK

a. r. (analytic reagent)	Analitikai tisztaságú (analitikailag tiszta) vegyszer
alt.	Analitikai célú (analitikailag) legtisztább vegyszer
amu (atomic mass unit)	Atomi tömegegység régi rövidítése; Lásd még: uamu
aq (aqua)	Jelölés a kémiában (aq): vizes állapotban
at.	Analitikai tisztaságú (analitikailag tiszta) vegyszer
A	Relatív atomtömeg
AAB (Alkalisch-aktivierte Bindemittel)	Alkali-aktivált kötőanyag
AAC (Autoclaved aerated concrete)	Autoklávolt gázbeton
Megjegyzés: A gázbetont ma nómenklatúránkkal ellentétben pórusbetonnak nevezik. Pórusbeton például a habbeton is; nómenklatúránk szerint a gázbeton, habbeton, gázszilikát, habszilikát együtt alkotja a sejtbetonok, azaz pórusbetonok csoportját.	
AAR (Alkali-Aggregat-Reaktion)	Alkáli adalékanyag reakció
AF (Abstandsfaktor)	Távolsági tényező
AFTES (L'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain)	Alagutak és Földalatti Építmények Francia Szövetsége
AHWZ (Aufbereitete, Hydraulisch Wirksame Zusatzstoffe)	Előkészített, hidraulikus kiegészítőanyagok és azok keveréke (ÖNORM B 3309-1, -2, -3:2010)
AKW (Aromatische Kohlenwasserstoffe)	Aromás szénhidrogének
ALWAC (All lightweight aggregate concrete)	Homok frakciójában is könnyű adalékanyag, tömör szövetszerkezetű, teherhordó (teherbíró) könnyűbeton
AOQ (Average outgoing quality, Durchschlupf)	Átlagos kimenő hibaszint (MSZ 247-1:1977 visszavont, MSZ 4798:2016)
AOQL (Average outgoing quality limit, maximaler Durchschlupf)	Átlagos kimenő hibaszint határa (MSZ 247-1:1977 visszavont, MSZ 4798:2016)
AQL (Acceptable quality level, annehmbare Qualitätsgrenze)	Átvételi hibaszint határ (MSZ 247-1:1977 visszavont, MSZ 4798:2016)
ARA (Abwasserreinigungsanlage)	Szennyvíztisztító építmények rövidítése Svájcban
arBMG (anrechenbarer Bindemittelgehalt)	Hatékony kötőanyagtartalom német nyelvterületen
ARC (acid resistant concrete)	Saválló beton
ASCE (American Society of Civil Engineers)	Amerikai Építőmérnökök Társasága
ASCEM (Alkali activated cement)	Alkáli-aktivált kötőanyag
ASCEM B.V., Hollandia, Rheden tartomány	A BTE csoport betontechnológiai kutatóintézete, ahol az ASCEM-cement® nevű alkáli-aktivált kötőanyagot (alkali activated cement) kifejlesztették
ASI (Austrian Standards Institute)	Oszták Szabványügyi Intézet
ASME (American Society of Mechanical Engineers)	Amerikai Gépészmérnökök Társasága

ASR (Resistant to alkali-silica reactivity)

Alkáli szilikát reakciónak ellenálló, a kis alkálitartalmú cement jelzője

ASTM (American Society for Testing and Materials)

Vizsgálatok és Anyagok Amerikai Társasága (Amerikai Anyagvizsgáló Társaság), amelyet mérnökök és tudósok 1898-ban alapítottak.
Napjainkban az ASTM társaság a szabványosítási tevékenységéről ismert.
Az ASTM ma az amerikai szabványok betűjele.

ASTRA (Bundesamt für Strassen)

Svájci Szövetségi Közúti Hivatal

ATE

Atomi tömeg egység régebbi jele, mai jele: Da

ATV (Abwassertechnische Vereinigung)

Német Csatornázási Szövetség

AVCP (Assessment and Verification of Constancy of Performance)

Teljesítmény állandóságának értékelése és ellenőrzése (305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet), lásd még: TÁÉE
Az AVCP rövidítés előfordul például az MSZ EN 16622:2016 szabványban

AVOP (Assessment and Vertification of Constancy of Performance)

Teljesítmény (tulajdonságok) állandóságának értékelése és ellenőrzése

BAM (Bundesamt für Materialforschung und –prüfung)

Német Szövetségi Anyagkutató- és vizsgáló Hivatal

BauPVO (Bauproduktenverordnung)

Építési termék rendelet

BBQ (Betonbauqualitätsklassen)

Betonépítési minőségi osztályok,
mint BK-N, BK-E és BK-S,
ahol N = normales Anforderungsniveau (szokványos követelményszint),
E = erhöhtes Anforderungsniveau (emelt követelményszint),
S = speziell festzulegendes Anforderungsniveau (különleges követelményszint),
(DIN 1045-2:2022 Entwurf)

BCA (British Cement Association)

Brit Cement szövetség (MSZ EN 13892-4:2003)

BET-eljárás

Gázadszorpció eljárás a fajlagos felület mérésére
(ISO 9277:2010), (BET → Brunauer, S. – Emmett, P. H. – Teller E.)

BFR

Beruházási Folyamatok Rendszere (Magyar Mérnöki Kamara)

BGB (Bürgerliches Gesetzbuch)

Polgári Törvénykönyv

BGR, BG-Regeln

(Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit)
Német Szakszövetségi Munkabiztonsági és Egészségvédelmi Szabályzat

BIM (Building Information Modelling)

Építményinformációs modellezés.
A nagyberuházások egységes, számítógépes (digitális) építésszervezési módszere, az előkészítéstől az üzemeltetésig.
Lásd az MSZ EN ISO 19650 szabványsorozatot.
A BIM mozaikszót a „Building Information Management” (épületinformáció menedzsment) rövidítéseként is használják.

BICP (Béton d' Ingénierie à Composition Prescrite)

A mérnök által előírt összetételű beton
(NF EN 206/CN:2014 francia szabvány NA.3.1.1.21 szakasza)

BIPM (Bureau International des Poids et Mesures)

Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal

BIPS (Bétons d'Ingénierie à Propriétés Spécifiées)	A mérnök által meghatározott tulajdonságú beton (NF EN 206/CN:2014 francia szabvány NA.3.1.1.21 szakasza)
BK (Betonklassen)	Beton osztályok, mint BK-N, BK-E és BK-S (DIN 1045-2:2022 Entwurf)
BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern)	Német Építész Kamarák Építési Költségek Tájékoztatási Központja
BM	Belügyminisztérium
BME	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
BMVBS (Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung)	Német szövetségi közlekedési, építési és városfejlesztési miniszter
BOD (Biochemical oxygen demand)	Biokémiai oxigénigény (BOI)
BOF (Basic oxygen furnace)	Felsőfűtatásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás az amerikai irodalomban
BOI ₅	5 napos biokémiai oxigénigény
BOP (Basic oxygen process)	Felsőfűtatásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás
BOS (Basic oxygen steelmaking)	Felsőfűtatásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás az angol irodalomban
BPV (Bauproduktenverordnung)	Építési termék rendelet
BRD (Bundesrepublik Deutschland)	Németországi Szövetségi Köztársaság, Németország, lásd még: NSZK
BS (British Standards)	Brit szabvány
BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf)	Biokémiai oxigénigény (BOI)
BSI (British Standards Institution)	Brit Szabványügyi Testület
BSK (Biogene Schwefelsäure-Korrosion)	Biogén kénsav okozta korrózió
BTB (Bundesverband Transportbeton)	Német Szövetségi Transzportbeton Szövetség
BTE Groep (Bouw Toeleveringsindustrie Europa)	Holland építőipari csoport Lásd: ASCEM B.V.
BV (Binomialverteilung)	Binomiális valószínűségi eloszlás
C (Centrum, Mittenwert, Mittenmaß)	A megengedett legnagyobb és legkisebb érték számtani átlaga, (OGW + UGW)/2
C (Concrete)	Beton
C...	Szokványos betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztálya (MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016 stb.)
C ³ (Carbon Concrete Composite, Carbon-Beton Verbundwerkstoff)	Szénszáltexzilbeton, Szénszáltexzil-erősítésű beton
CA... (Computer aided...)	Számítógéppel segített Németül: Computergesützte...
CAC (Calcium aluminate cement)	Kalcium-aluminát-cement (MSZ EN 14647:2007) Németül: Tonerdezement

CAD (Computer Aided Design)	Számítógéppel segített tervezés
CC (Cement Concrete)	Cementhabarc vagy beton
CC...	Pályaburkolati betonok nyomószilárdsági osztálya (MSZ EN 13877-2:2013)
CCDF (Complenentary Cummulative Distribution Funktion)	Kiegészítő eloszlásfüggvény
CCP (Cellular concrete powder)	Sejtbeton por
	Például: Gázbeton (pórusbeton) termékek pora
CD (Committee Draft)	Bizottsági tervezet
CDF (Cummulative Distribution Funktion)	Eloszlásfüggvény
CE (Conformité Européenne)	Európai Megfelelőség
CEB (Comité Européen du Béton, 1976-tól: Comité Euro-International du Béton)	Európai Beton Bizottság (1953-1998)
CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, European Committee for Electrotechnical Standardisation)	Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság
CEM	Cement
CEN (Comité Européen de Normalisation, European Committee for Standardisation)	Európai Szabványügyi Bizottság
CEN/SC (Sub Committee)	Európai Szabványügyi Bizottság Műszaki Albizottsága
CEN/TC (Technical Committee)	Európai Szabványügyi Bizottság Műszaki Bizottsága
CEN/TR (Technical Report)	Európai Műszaki Jelentés
CEN/TS (Technical Specification)	Európai Műszaki Specifikáció
CEV	Szénegyenérték (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ EN 10025-2:2020, DIN 488-1:2009)
CF (Compacting Faktor)	Glanville-féle tömörödési CF-szám (tényező)
CFC (Chlorofluorocarbon)	Klorofluor-szénhidrogén, amely teljesen halogénezett fluor-szénhidrogén, azaz hidrogénatom nélküli fluor-szénhidrogén (FKW)
CFCC (Carbon Fiber Composite Cable)	Szénszál-erősítésű feszítőpáaszma
CFK (Carbonfaserverstärkter Kunststoff, Kohlefaserkunststoff)	Szénszál-erősítésű műanyag, Szénszálal műanyag, Karbonszálal műanyag, Műanyagba ágyazott szénszálal (angol rövidítése: CFRP)
CFRC (Carbon Fiber Reinforced Concrete)	Szénszál-erősítésű beton
CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer, Plastic)	Szénszál-erősítésű műanyag, Szénszálal műanyag, Karbonszálal műanyag, Műanyagba ágyazott szénszálal (német rövidítése. CFK)
CGPM (Conférence générale des poids et mesures)	Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia, amely a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal (BIPM) felügyeleti szerve
CHR (Cummulative Hazard Rate)	Összesített meghibásodási ráta, lásd: Weibull-eloszlás. Németül Kumulative Ausfallrate
CIE (Commission Internationale de l'Éclairage)	Nemzetközi Világítási Bizottság

CIPM (Comité International des Poids et Mesures)	Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal
CKW (Chlorkohlenwasserstoffe)	Klórozott szénhidrogének
CMOD (Crack mouth opening displacement)	A fémshál-erősítésű betonok hajlító-húzószilárdság mérésével foglalkozó MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerint a bemetszett próbahasáb alsó szélső szálának a megnyúlása Németül: Verschiebung am Ansatz der Rissöffnung
CNT (Carbon nanotube)	Szén-nanocső
COD (Chemical oxygen demand)	Kémiai oxigénigény (KOI)
CPD (Construction Products Directive, Bauproduktenrichtlinie)	Építési Termék Irányelv (Építési Termék Rendelet megfelelője 2013. július 1. előtt)
CPR (Construction Products Regulation, Bauproduktenverordnung)	Építési Termékek Rendelet (Építési Termék Irányelv megfelelője 2013. július 1-től)
CRCB (Continuously reinforced concrete base)	Folyamatosan (hosszirányban) vasalt betonalap (MSZ EN 13877-2:2013)
CRCP (Continuously reinforced concrete pavement)	Folyamatosan (hosszirányban) vasalt betonburkolat (MSZ EN 13877-2:2013)
CRCR (Continuously reinforced concrete roadbase)	Folyamatosan (hosszirányban) vasalt útbeton alap (MSZ EN 13877-2:2013)
CRM (Cement replacement material)	Cement helyettesítő anyag
CRM (Centre de Recherches Métallurgique)	Belga Kohászati Kutatóközpont, Liege
CRM (Certified reference materials)	Tanúsított referencia-anyagok
CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf)	Kémiai oxigénigény (KOI)
CSc (Candidatus scientiarum)	Tudományok kandidátusa, az MTA Tudományos Minősítő Bizottsága által adott – az „Újrendszerű tudományos fokozat bevezetése és elnyerésének szabályozása tárgyában” című, 44. sz. törvényerejű rendelettel 1950. november 26-án bevezetett – tudományos fokozat, amelynek elnyerésére utoljára 1997-ben lehetett jelentkezni
CSC (Concrete Sustainability Council)	Beton Fenntarthatósági Tanács
CSH, C-S-H (Calcium silicate hydrate)	Kalcium-szilikát-hidrát
CSP (Continuous sampling plan)	Folyamatos mintavételi vagy vizsgálati terv Németül: Kontinuierlicher Prüfplan
CT (Computed Tomography)	Számítógépes tomográfia (Radiológiai képalkotó eljárás)
CUSUM-kártya („Cummulative sum”-kártya)	Halmazott összegek ellenőrző kártyája
CV (Coefficient of variation)	Variációs tényező, variációs együttható, relatív szórás (Plate, 1993) A variációs tényező, variációs együttható, relatív szórás nem tévesztendő össze a varianciával.
DAfStb (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.)	Német Vasbeton Bizottság Bejegyzett Egyesület

DBV (Deutscher Beton und Betontechnik-Verein e.V.)	Német Beton és Betontechnológiai Egyesület
DD CEN/TS (Draft for Development for Technical Specifications)	Európai Műszaki Specifikáció módosításának tervezete
DDR (Deutsche Demokratische Republik)	NDK, Német Demokratikus Köztársaság (1949. október 7. és 1990. október 2. között állt fenn Németország keleti felén)
DE model (Discrete element) model	Diszkrét elemes modell
DEM (Discrete element method)	Diszkrét elemes módszer
DEMEC (Demountable Mechanical Strain Gauge)	Hordozható mechanikus tenzométer
den (denier)	Szálfínomság tömegegysége 1 den = 9000 m hosszú szál tömege grammban
DF (Degree of freedom)	Szabadságfok, szabadsági fok
DF (Density function)	Sűrűségfüggvény
DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)	Német Kutatási Munkaközösség
DGQ (Deutsche Gesellschaft für Qualität)	Német Minőségügyi Társaság
DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik)	Német Építészeti Intézet
DIC (Dissolved Inorganic Carbon)	Összes szervesetlen szén-dioxid a vízben
DIN (Deutsches Institut für Normung)	Német Szabványügyi Intézet
DIS (Draft International Standard)	Nemzetközi szabványtervezet
DLA (Doctor Liberalium Artium)	Bölcsészettudomány doktora, az 1993. évi LXXX. felsőoktatási törvény alapján bevezetett, ma egyetlen megszerezhető művészeti fokozat
DOC (Dissolved organic carbon)	Oldott, szervesen kötött (szerves eredetű) szén
DOI (Digital Objekt Identifier)	Elektronikus dokumentumok egyedi azonosító rendszere
DoP (Declaration of Performance)	Teljesítmény-nyilatkozat (Nyilatkozat a termék tulajdonságairól, illetve a minőségéről)
DP (Degrees of polymerization)	Polimerizációs fok
Dr. E. H. (Dr. Ehren halber)	Díszdoktor, tiszteletbeli doktor
DSI (Depth sensing indentation)	Mélységérzékeny benyomódás (statikus keménységmérési módszer) Lásd például: <i>Chudoba</i> (2004), <i>Gyurkó</i> et al. (2016), <i>Gyurkó</i> (2020)
DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.)	Német Vízgazdálkodási Szövetség, Szennyvíz és Hulladék Bejegyzett Egyesület
DWN (Doppeltes Wahrscheinlichkeitsnetz)	Kettős valószínűségi háló (koordináta-rendszer)
e.V. vagy E.V. (eingetragener Verein)	Bejegyzett egyesület
et al. (et alii)	és mások
E DIN EN (Norm-Entwurf)	Az európai prEN szabványtervezet német változata
EAD (European Assessment Document)	Európai Értékelési Dokumentum

EB (Európai Bizottság)	Az EC (European Commission) magyar fordítása
EC (European Commission)	Európai Bizottság
EC (European Community)	Európai Közösség
EC (European Council)	Európai Tanács
ECPC (Equivalent concrete performance concept; németül: Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit) Egyenértékű betontulajdonságok elve (MSZ 4798:2016)	
EDP (Electronic Data Processing)	Elektronikus adatfeldolgozás, angolul
EDV (Elektronische Datenverarbeitung)	Elektronikus adatfeldolgozás, németül
EEC (European Economic Community)	Európai Gazdasági Közösség, EGK. Német rövidítése: EWG
EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz)	Megújuló energiák hőtörvénye
EFNARC (European Federation of National Associations Representing for Concrete) Betonérdekelttségű Gyártó és Kivitelező Nemzeti Társaságok Európai Szövetsége	
EFTA (European Free Trade Association)	Európai Szabadkereskedelmi Társulás
EG (Europäische Gemeinschaft)	Európai Közösség
EGBGB (Einführungsgesetz zum Bürgerlichen Gesetzbuch)	Bevezető törvény a Polgári Törvénykönyvhöz
EGK (Európai Gazdasági Közösség)	Az EEC (European Economic Community) magyar fordítása
EIPE	Esztrich és Ipari Padló Egyesület
EK (Európai Közösség)	Az EC (European Community) magyar fordítása
EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt)	Svájci Szövetségi Anyagvizsgáló és Kutató Intézet
EN (Normes Européennes)	Európai szabványok betűjele
EnEG (Energieeinsparungsgesetz)	Energiatakarékossági törvény
EnEV (Energieeinsparverordnung)	Energiatakarékossági rendelet
EOTA (European Organization for Technical Approvals)	Európai Műszaki Értékelések Szervezete
EP (Expanded perlite)	Duzzasztott perlit (MSZ EN 14316-1:2004, MSZ EN 14316-2:2007)
EPB (Expanded perlite board)	Duzzasztott perlit szigetelőlap (MSZ EN 13169:2012+A1:2015)
EPCC (Equivalent Performance of Combinations Concept, Konzept der gleichwertigen Leistungsfähigkeit von Zement-Zusatzstoff-Kombinationen) Cement és kiegészítőanyag keverékek egyenértékűségének elve (MSZ 4798:2016)	
EPD (Environmental Product Declaration)	Környezetvédelmi terméknnyilatkozat (MSZ EN 15804:2012+A2:2020)

EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne)	Műszaki Főiskolának megfelelő Svájci Szövetségi Technológiai Intézet, Lausanne
ESEM (Environmental scanning electron microscope)	Környezeti pásztázó elektronmikroszkóp
ET (Európai Tanács)	Az EC (European Council) magyar fordítása
ETA (European Technical Approval vagy 2013. július 1-jétől: European Technical Assessment) Európai Műszaki Engedély; 2013. július 1-jétől: Európai Műszaki Értékelés	
ETAG (Guideline for European Technical Approval)	Európai Műszaki Engedély (ETA) útmutatója
ETH (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)	Egyetemnek megfelelő Szövetségi Műszaki Főiskola, Zürich
ETSI (European Telecommunications Standards Institute)	Európai Távközlési Szabványügyi Intézet
EWG (Europäische Wirtschaftsgemeinschaft)	Európai Gazdasági Közösség, rövidítése magyarul: EGK, angolul: EEC
EWMA-kártya (Exponentially weighted moving average chart)	Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyája Németül: Karte des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwert
E I, E II, E III (Alkaliempfindlichkeitsklasse)	Adalékanyagok alkáli (alkálifém-oxid) reakció érzékenységi osztálya (DAfStb Alkali-Richtlinie, 2013)
ÉaKKI	Építőanyagipari Központi Kutató Intézet (1953-1965, a SZIKKTI jogelődje)
ÉKSZ	Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat
é.n.	Évszám nélkül
ÉPMI	Építésügyi Műszaki Irányelv
ÉTI	Építéstudományi Intézet (1949-1998)
ÉTK	Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft.
Étv.	Építési Törvény
F (Frühhochfest)	Nagykezdőszilárdságú, az ilyen cement jelzője (DIN 1164-1:1978)
FaSpB (Faserspritzbeton)	Szálerősítésű lövellt beton (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008)
FBGS (Fiber Bragg grating sensor)	Szálas Bragg rácsérzékelő
FDIS (Final Draft International Standard)	Nemzetközi végleges szabványtervezet
FE (Frühes Erstarren)	Korai kötéskezdet, az ilyen cement jelzője (DIN 1164-11:2024)
FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.)	Út- és Közlekedésügyi Kutató Társaság Bejegyzett Egyesület
<i>fib</i> (Federation Internationale du Béton)	Nemzetközi Betonszövetség (1998-)
FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte)	Nemzetközi Feszítettbeton Szövetség (1953-1998)

FKW (Vollständig halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe,	Vollhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe)
	Teljesen halogénezett fluor-szénhidrogének,
	azaz hidrogénatom nélküli fluor-szénhidrogének (például: CFC)
FPC (Factory production control)	Üzemi gyártásellenőrzés (Német rövidítése: WPK)
FprEN (Final proposition de Norme Européenne)	Végső európai szabványtervezet
FRC (Fiber Reinforced Concrete)	Szálerősítésű beton
FRS (Fibre reinforced shotcrete)	Szálerősítésű lövellt beton
FRSpC (Faserspritzbeton)	Szálerősítésű lövellt beton (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)
FTV	Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat (1950-1992)
FVB-Versuch (Fließfähigkeits-Viskositäts-Blockierneigungs-Versuch)	Öntömörödő beton önterülőképségének fékező (blokkoló) gyűrűs vizsgálata
g (gaseous)	Jelölés a kémiában (g): gázhalmazállapotban
GC (Gemahlene Kombinationsprodukte)	Örölt kiegészítőanyag-keverékek (ÖNORM B 3309-1:2010)
GC-HS (Sulfatbeständige gemahlene Kombinationsprodukte)	Szulfátálló örölt kiegészítőanyag-keverékek (ÖNORM B 3309-1:2010)
GDR (German Democratic Republic)	Német Demokratikus Köztársaság (NDK) nevének angol rövidítése
GEG (Gebäudeenergiegesetz)	Épületenergetikai törvény
GEV (Generalized extreme value distribution)	Általánosított extrémérték-eloszlás,
	más kifejezéssel: általános szélsőérték-eloszlás,
	hazai megszokott szóhasználat: alkalmasan transzformált (standardizált, normalizált) extrémérték-eloszlás
GF (Gemahlene Flugasche)	Örölt pernye (ÖNORM B 3309-3:2010)
GF-HS (Sulfatbeständige gemahlene Flugasche)	Szulfátálló örölt pernye (ÖNORM B 3309-3:2010)
GFRC (Glass fiber reinforced concrete)	Üvegszál-erősítésű beton
GGBS (Ground-granulated blast-furnace slag)	Örölt granulált kohósalak
GK (Größtkorn)	Adalékanyag legnagyobb szemnagysága
GKM	Gazdasági és Közlekedési Minisztérium (2004. október 4. és 2008. április 30. között)
GmbH (Gesellschaft mit beschränkter Haftung)	Korlátolt felelősségű társaság, Kft.
GS (Gemahlenes Hüttensandmehl)	Örölt kohósalakliszt (ÖNORM B 3309-2:2010)
GS-HS (Sulfatbeständiges gemahlene Hüttensandmehl)	Szulfátálló örölt kohósalakliszt (ÖNORM B 3309-2:2010)
GVG (Gerichtsverfassung)	Alkotmánybíróság
GWP (Global Warming Potential)	Üvegház-potenciál (németül: Treibhauspotenzial)
GWT (Germann water permeation test)	Germann-típusú víz-permabilitás vizsgáló készülék
HB (Brinell Hardness)	Brinell-keménység (MSZ EN ISO 6506-1:2014)
HC (Heavy-weight concrete)	Nehézbeton

HCFC (Hydrochlorofluorocarbon)	Hidroklorofluor-szénhidrogén, amely részlegesen halogénezett fluor-szénhidrogén, azaz fluor-szénhidrogén hidrogénatommal (H-FKW)
HDWS (Hochdruckwasserstrahlen)	Nagynyomású vízsugarak (DBV Merkblatt. Hochdruckwasserstrahlen im Betonbau, 2022)
HE (High-early strength)	Nagy kezdőszilárdságú, az ilyen cement jelzője
HFB (Hochfester Beton)	Nagyszilárdságú beton
HFC (Hydrofluorocarbon)	Hidrofluor-szénhidrogén, amely részlegesen halogénezett fluor-szénhidrogén, azaz fluor-szénhidrogén hidrogénatommal (H-FKW)
H-FKW (Teilweise halogeniertere Fluorkohlenwasserstoffe)	Részlegesen halogénezett fluor-szénhidrogének, azaz fluor-szénhidrogének hidrogénatommal (például: HCFC, HFC)
HGT (Hydraulisch gebundene Tragschichten)	Hidraulikusan kötött útépitési alaprétegek (DIN 18506:2002)
HLB (Hochleistungsbeton)	Nagy-teljesítőképességű beton
HLF (Hochleistungsfeinkornbeton)	Nagy-teljesítőképességű finomszemű beton
HO (Erhöhter Anteil organischer Bestandteile)	Nagyobb szervesanyagtartalmú (0,5-1,0 tömeg% közötti), az ilyen cement jelzője (DIN 1164 12:2005)
HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure)	Építész és Építőmérnöki Díjszabás
HPC (High performance concrete)	Nagy-teljesítőképességű beton
HPFRC (High performance fiber reinforced Concrete)	Nagy-teljesítőképességű szálerősítésű beton
HPLWAC (High performance lightweight aggregate concrete)	Nagy-teljesítőképességű, adalékanyagokos könnyűbeton
HR (Hazard Rate, német nyelven: Ausfallrate)	Meghibásodási ráta, lásd: <i>Weibull</i> -eloszlás
HRB (Hydraulic Road Binder)	Hidraulikus útépitési talaj- és alapréteg-kötőanyag, poralakú készítmény, (MSZ EN 13282-1:2013, MSZ EN 13282-2:2015, MSZ EN 13282-3:2015, DIN 18506:2002) Németül: Hydraulischer Boden- und Tragschichtbinder
HRB (Rockwell B Hardness)	B-skálán mért <i>Rockwell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6508-1:2016)
HRC (Rockwell C Hardness)	C-skálán mért <i>Rockwell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6508-1:2016)
HS (High sulphate-resistant)	Szulfátálló, az ilyen cement jelzője Németül: Hoher Sulfatwiderstand, Sulfatbeständig
HSC (High strength concrete)	Nagyszilárdságú beton, amelynek a Model Code 2010 és Model Code 2020 szerint a jellemző értéke $f_{ck,cyl} > 50 \text{ N/mm}^2$
HSCF (Hydraulic silica-calcium fume)	Hidraulikus szilika-kalciumpor, lásd még: SCF

HSFRC (High strength fiber reinforced concrete)	Nagyszilárdságú szálerősítésű vasbeton
HSLWAC (High strength lightweight-aggregate concrete)	Nagyszilárdságú, könnyű-adalékanyagós beton ($f_{\text{ck,cyl}} \geq 55 \text{ N/mm}^2$)
HV	Vickers-keménység (visszavont MSZ 105-12:1986, visszavont MSZ 18290-4:1982, MSZ EN ISO 6507-1:2018)
idt (identical)	Azonos. Az országban bevezetett európai vagy nemzetközi szabvány adatlapján a forrás szabvány megjelölésére alkalmazott jel
iid vagy i.i.d. (independent and identically distributed)	Független és azonos eloszlású
is (in situ)	Eredeti helyén
ICS (International Classification for Standards)	Szabványok nemzetközi osztályozási rendszere
ID-code (Identification Code)	Azonosító kód
IEC (International Electrotechnical Commission)	Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság
IQNET (International Certification Network)	Tanúsító Szervezetek Nemzetközi Hálózata Székhelye: Bern. Az MSZT 1998 óta teljes jogú tagja az IQNET-nek
IR-spectroscopy (Infrared spectroscopy)	Infravörös spektroszkópia Németül: IR-Spektroskopie, Infrarotspektroskopie
IRHD (International Rubber Hardness Degrees)	Nemzetközi gumi keménységi fok. A gumik keménységi jele az ISO 48-2:2018 (DIN ISO 48-2:2021) szabvány szerint
IRM (Industrial reference materials)	Ipari referencia-anyagok
ISBN (International Standard Book Number)	Nemzetközi szabványos könyvazonosító szám
ISO (International Organization for Standardization)	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
ISO/Guide	Nemzetközi irányelv
ISO/TR (International Technical Report)	Nemzetközi műszaki jelentés
ISO/TS (International Technical Specification)	Nemzetközi műszaki specifikáció
ISQ (International System of Quantities)	Mennyiségek Nemzetközi Rendszere
IT (Informationstechnik)	Informatika
ITU (International Telecommunication Union)	Nemzetközi Távközlési Egyesület
IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)	Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Egyesület
JC vagy JCJ	Építőanyagok kínai szakmai szabványainak betűjele
JCSS (Joint Committee on Structural Safety, RILEM)	Szerkezeti Biztonság Vegyesbizottsága, RILEM
JG vagy JGJ	Építőipari kínai szakmai szabványok betűjele
JIS (Japanese Industrial Standards)	Japán ipari szabványok
JSA (Japanese Standards Association)	Japán Szabványügyi Szövetség
JSCE (Japan Society of Civil Engineers)	Japán Építőmérnöki Társaság
ksc	kohósalakcement (CEM III)
kspc	kohósalak-portlandcement (CEM II)

KGST	Az egykori közép- és kelet-európai szocialista országok Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa
KOI	Kémiai oxigénigény
KOI _k vagy jelölik így is: KOI _d	Kálium-dikromátos kémiai oxigénigény (szinonim megnevezése kálium-bikromátos kémiai oxigénigény)
KOI _p vagy KOI _{ps}	Kálium-permanganátos kémiai oxigénigény
KPM	Egykori Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium
KTI	Közlekedéstudományi Intézet Nkft.
KvVM	Egykori Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
ℓ (liquidus)	Jelölés a kémiában (ℓ): folyékony halmazállapotban
LAC vagy LWAC (Light-weight aggregate concrete)	Könnyű adalékanyagias beton
LC (Light-weight concrete)	Könnyűbeton
LCL (Lower control limit), mint UEG	Alsó beavatkozási határ vagy alsó szabályozási határ
LD (L = Linz, D = Dürrer, majd Donawitz, illetve Düsenverfahren)	Felsőfűtásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás
LDC (Lime dissolving capacity)	Kalcium-kioldóképesség
LH (Low heat of hydration)	Kis hidratációhő-fejlesztésű, az ilyen cement jelzője
LOP (Limit or proportionality)	Németül: Proportionalitätsgrenze A fémzsal-erősítésű betonok hajlító-húzószilárdság mérésével foglalkozó MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerinti arányossági határ, hajlító-húzófeszültség, amelynek jele: $f_{ct,L}^f$
LP-Beton (Luftporenbeton)	Légbuboréktartalmú beton, légbuborékképző adalékszerrel készített beton
LQ (Limiting quality)	Hibakorlát (MSZ 247-1:1977 visszavont) Lásd az azonos értelmű RQL rövidítést is. További azonos értelmű rövidítés: LTPD
LRV (Light reflectance value)	Fényvisszaverési érték (MSZ CEN/TS 15209:2024)
LSL (Lower specification limit)	Alsó tűréshatár
LST (Längsstab)	Hosszirányú acélbetét
LTPD (Lot Tolerance Percent Defective)	Gyártási tétel tűréshatára. A hibás egységek legmagasabb aránya vagy a vevő által egyetlen tételben elviselhető legmagasabb hiba aránya Lásd az azonos értelmű RQL rövidítést is Lásd még: LQ.
LVB (Leicht verarbeitbare Betone)	Könnyen bedolgozható, F5 és F6 konzisztencia osztályú, folyós és önthető konzisztenciájú betonok
LWA (Light-weight aggregate)	Könnyű adalékanyag
LWL (Lower warning limit), mint UWG	Alsó figyelmeztetési határ
MAÚT	Magyar Útügyi Társaság, 2013 óta Magyar Út- és Vasútügyi Társaság
MÁV	Magyar Államvasutak

MÉK	Magyar Építész Kamara
MH (Moderate heat of hydration)	Mérsékelt hidratációhő-fejlesztésű, az ilyen cement jelzője
MHK (Mikrohohlkugel)	Belül üreges mikrogolyók (légbuborékos beton készítéséhez)
MIL-STD (Military Standard)	Katonai szabvány
MISZ	Magyar Ipari Szabványosító Bizottság (1921-1931)
MKI-Wert (az MKI holland rövidítés: Milieu kosten indicator)	Környezeti költségek mutatója Angolul: Environmental cost indicator Németül: Umweltkostenindikator
MKpS	m-kp-s „műszaki” mértékrendszer
MKS, MKSA, m-kg-s, m-kp-s (méter – kilogramm (kilopond) – secundum – amper)	mértékrendszer (1907-1976)
MMK	Magyar Mérnöki Kamara
MPG-Wert (az MPG holland rövidítés: Milieuprestatie gebouwen)	Környezeti hatások mutatója épületekre Angolul: Environmental performance of buildings Németül: Umweltleistung von Gebäuden
MS (Moderate sulphate-resistant)	Mérsékelt szulfátálló, az ilyen cement jelzője
MSR	Mérsékelt szulfátálló (MSZ 4737-1:2013)
MSZ	Magyar szabványok betűjele
MSZE	Magyar előszabványok betűjele
MSZH	Magyar Szabványügyi Hivatal
MSZT	Magyar Szabványügyi Testület
MSZT/MB	Magyar Szabványügyi Testület Műszaki Bizottsága
MSZ EN, MSZ EN ISO, MSZ ISO	Honosított, Magyarországon bevezetett európai, illetve nemzetközi szabvány
MTA	Magyar Tudományos Akadémia
MTI	BME Mérnöki Továbbképző Intézet, ma: BME Mérnöktovábbképző Intézet
MvM	Miniszterelnökséget vezető miniszter
NA (Natural aggregate)	Természetes kőanyag-halmaz (adalékanyag)
NA (Niedriger wirksamer Alkaligehalt)	Kis alkálitartalmú, az ilyen cement jelzője
NAD	Nemzeti alkalmazási dokumentum (a szabványosításban)
NANDO (New Approach Notified and Designated Organisations Information System)	Új megközelítésű bejelentett és kijelölt szervezetek információs rendszere
NABau (DIN-Normenausschuss Bauwesen)	DIN Építőipari Szabványügyi Bizottság
NBN (Bureau de Normalisation, Bureau voor Normalisatie)	Belga Szabványügyi Hivatal, illetve a belga szabványok betűjele
NCI (Non-Contradictory Complementary Information)	Nem ellentmondó kiegészítő információk

NDK	Német Demokratikus Köztársaság (1949. október 7. és 1990. október 2. között állt fenn Németország keleti felén) Németül: Deutsche Demokratische Republik, DDR
NEN (Nederlands Normalisatie-instituut)	Holland Szabványügyi Intézet, illetve a holland szabványok betűjele
NF (Norme Française)	Francia szabványok betűjele
NF beton (No fines)	Egyszemcsés, szemcsehézagos monolit öntöttbeton (ME-04.101-83)
NFM	Nemzeti Fejlesztési Minisztérium
Nkft.	Nonprofit korlátolt felelősségű társaság
NLF (New Legal Framework)	Új jogi keret
NMÉ	A 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet alapján kiadott Nemzeti Műszaki Értékelés
NPD (Nationally Determined Parameter)	Nemzeti előírásban megadandó érték
NPK-Beton (Beton im Normenpositionenkatalog)	Svájci szabványos termékek katalógusában szereplő „egységbeton” (Einheitsbeton; magyarul: „receptbeton”)
NR (No requirement)	Nincs követelmény; az európai szabványokban, általában a minőséget kifejező osztályok jelében használt rövidítés
NSC (Normal strength concrete)	Közönséges (normál) szilárdságú beton, amelynek jellemző értéke $f_{ck,cyl} \leq 50 \text{ N/mm}^2$ a Model Code 2010 szerint
NSM (near surface mounted)	felületközei (például szerkezeti elem megerősítése, Szabó K. Zs., 2013)
nss (non-steady state)	Nem állandósult állapot (MSZ EN 12390-11:2016, MSZ EN 12390-18:2021)
NSZ beton	Nagyszilárdságú beton
NSZK	Német Szövetségi Köztársaság (Németország nyugati felén 1949. május 23-án jött létre, majd az NDK-való egyesülés – 1990. október 3. – óta az újra egységes Németország neve) Németül: Bundesrepublik Deutschland, BRD
NT beton	Nagy-teljesítőképességű beton
NT (Nord-test)	Északi, skandináv vizsgálati módszer
NV (Normalverteilung)	Normál (Gauss-féle) valószínűségi eloszlás
OBM (Oxygen Bodenblasen, M = Maxhütte: az 1851 és 2019 között működött sulzbach-rosenbergi német acélmű neve)	Alsófúvatásos oxigén konverteracélgyártási eljárás
OC (Ohne Chlorid)	Kloridmentes (adalékszer)
OC-curve (Operating characteristic curve, Operationscharakteristik)	OC-görbe, működési vagy elfogadási jelleggörbe (MI 247-3:1974)
OC-Funktion (Operationscharakteristik)	OC-görbe függvénye, működési vagy elfogadási jelleggörbe függvénye (MI 247-3:1974) Lásd még: OC-curve

OEG (Obere Eingriffsgrenze), mint UCL	Felső beavatkozási határ vagy felső szabályozási határ
OGW (Oberer Grenzwert, Höchstwert)	Legnagyobb megengedett érték
OJEU (Official Journal of the European Union)	Európai Unió hivatalos lapja
OLS (Ordinary Least Squares)	Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere (matematikai statisztikai eljárás regressziós függvény felírásához)
OMIKK	Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár (BME)
ONR (ON-Regeln)	Osztrák normatív dokumentum, elő- vagy utószabvány, illetve dokumentum, lásd: https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/onr/
ORP (Oxidation-Reduction Potential)	(Oxikus) redoxi potenciál
OS (Oberflächenschutzsystem)	Felületvédő rendszer a DAfStb-SIB-Richtlinie (2001) német irányelv 5. fejezete és a DIN V 18026:2006 német előszabvány szerint
OSB (Oriented Standard Board)	Irányított szálelrendezésű, többretegű faforgácslap (Czoboly et al. 2018, https://fadepofatelep.hu)
OSZK	Országos Széchenyi Könyvtár
OWG (Obere Warngrenze), mint UWL	Felső figyelmeztetési határ
ÖBRV (Österreichischer Baustoff-Recycling Verband)	Osztrák Építőanyag-Újrahasznosítási Szövetség
ÖNORM (Österreichische Norm)	Osztrák szabvány
ÖTB	Öntömörödő beton
ÖVB (Österreichischer Betonverein)	Osztrák Betonegyesület
ÖVBB (Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik)	Osztrák Beton- és Építéstechnikai Egyesülés
p. a. (pro analytical)	Analitikai tisztaságú (analitikailag tiszta) vegyszer
PA	Poliamid, termoplaszt féleség
PAN	Poliakril-nitril, termoplaszt féleség (például Dolanit-szál)
pc	Portlandcement
PC	Polikarbonát, termoplaszt féleség
PC (Polymer Cement)	Polimerhabarcs vagy -beton
PCC (Polymer Cement Concrete)	Polimerrel modifikált (módosított) cementhabarcs vagy beton
PCE (Polycarboxylatether)	Polikarboxilat-éter
PD CEN/TS (Published Dokument Technical Specifications)	Bevezetett Európai Műszaki Specifikáció
PDMS	Polidimetil-sziloxán, a szilikon műanyagcsoport polimere
PE	Polietilén, termoplaszt féleség
PE (Primärenergieverbrauch)	Elsődleges energiafogyasztás

PEt (Primärenergiebedarf total)	Összes elsődleges energiaigény
PET	Polietilén-tereftalát, termoplaszt féleség
PFRC (Polymer Fiber Reinforced Concrete)	Műanyagszál-erősítésű beton
pH-érték (pH → potentia Hydrogenii)	Hidrogénion-koncentráció
PhD (Philosophiae Doctor)	Filozófia doktora, az 1993. évi LXXX. felsőoktatási törvénnyel bevezetett, ma egyetlen megszerezhető tudományos fokozat
PMMA	Polimetil-metakrilát, termoplaszt féleség, átlátszó plexiüveg
PP	Polipropilén, termoplaszt féleség
PPFRC (Polypropilen Fiber Reinforced Concrete)	Polipropilénszál-erősítésű beton
ppm (parts per million)	Milliomod (10^{-6}) rész, például: mm^3/liter , mg/kg , cm^3/m^3
ppmv (parts per million by volume)	Milliomod (10^{-6}) térfogatrész, például: cm^3/m^3 , 1000 ppmv = 1,0 térfogat‰
prEN (Proposition de Norme Européenne)	Európai szabványtervezet
PS (Project specification)	Műszaki leírás, projekt specifikáció
PS	Polisztirol, termoplaszt féleség
psi (Pound-force per square inch)	Nyomás angolszász mértékegysége $1 \text{ psi} = 1 \text{ lb./sq in.} = 1 \text{ font/hüvelyk}^2 = 1 \text{ psi} = 0,006895 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$
PTFE	Politetrafluoro-etilén, termoplaszt féleség
Ptk.	Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény)
PU	Poliuretán, termoplaszt féleség
PV (Poisson-Verteilung)	Poisson-féle valószínűségi eloszlás
PVC	Polivinil-klorid, termoplaszt féleség
Q-BOP (Q = quick, quiet, quality, B = blowing, bottom, Oxygen Process)	Gyors alsófúvatóos oxigén konverteracélgyártási eljárás
QL (Quality level)	Minőségi szint, Németül: Qualitätslage
Q-Lenkung	Minőségirányítás
QMS (Qualitätsmanagementssystem)	Minőségügyi, minőségkezelési rendszer
QR-kód (Quick Response = Gyors válasz)	Vonalkód
QRK (Qualitätsregelkarte)	Minőség szabályozó kártya
QS (Qualitätssicherung)	Minőségbiztosítás
QST (Querstab)	Keresztirányú acélbetét
RCA (Recycled concrete aggregate)	Újrahasznosított betonadalékanyag
RCM (Rapid chloride migration)	Gyorsvizsgálati kloridmigráció (Az eljárás megnevezése az MSZ EN 12390-18:2021 szabvány bevezetése előtti időben)
RDM (Relativer dynamische Elastizitätsmodul)	Relatív dinamikai rugalmassági modulus
REA-gipsz (REA = Rauchgas Entschwefelungsanlage)	Erőművi füstgáz kéntelenítő berendezésben készített mesterséges gipsz

REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances)	
Rendelet a vegyi anyagok regisztrálásáról, engedélyezéséről és korlátozásáról	
Re-con Zero (Returned Concrete with Zero impact)	Adalékszer a keverődobban visszamaradt friss beton visszanyert, granulált beton-adalékanyagalmazzá alakításához (Mapei S.p.A. terméke)
RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions)	
Anyag és Szerkezet Vizsgáló és Kutató Laboratóriumok Nemzetközi Egyesülete	
RQL (Rejectable quality limit)	Gyártási tétel tűréshatára. A hibás egységek legmagasabb aránya vagy a vevő által egyetlen tételben elviselhető legmagasabb hibaaránya Lásd az azonos értelmű LTPD rövidítést is. Lásd még: LQ
RRSB-eloszlás	<i>Rosin-Rammner-Sperling-Bennett-féle</i> exponenciális valószínűségi eloszlás
RWA (Rolling Wheel Abrasion)	Gördülő kerék (görgősszék) okozta kopás (MSZ EN 13892-5:2003)
s (solidus)	Jelölés a kémiában (s): szilárd halmazállapotban
ss (steady state)	Állandósult állapot (MSZ EN 12390-11:2016)
SA (Société Anonyme)	Részvénytársaság
SAP (Superabsorbent Polymer)	
Abszorbeáló polimer, hatékony vízfelszívó- és leadóképeségű belső utókezelő adalékszer	
SBM (Spritzbindemittel)	Rendkívül gyorsan (3 percen belül) kötő cementkeverék, ún. gyorskötőanyag Ausztriában, elsősorban lövellt beton készítéshez (ÖBV-Richtlinie Spritzbeton 2009)
SC (Subcommittee)	Albizottság
SCC (Self-compacting concrete)	Öntömörödő beton
SCF (Silica-calcium fume)	Szilika-kalciumpor (MSZ EN 16622:2016), lásd még: HSCF
SCHPC (Self-compacting high performance concrete)	Szó szerint: Nagyteljesítőképességű öntömörödő beton Értelemszerűen: Nagyszilárdságú, tartós öntömörödő beton
SCM (Supplementary cementitious material)	Cement-kiegészítőanyag
SD (Standard deviation)	Korrigált tapasztalati szórás, a variancia négyzetgyöke
SE (Schneller Erstarren)	Nagyon gyorsan kötő, az ilyen cement jelzője (DIN 1164-11:2024)
SE vagy SEM (Standard error of the mean)	Átlagok szórása Nem tévesztendő össze az SD (Standard deviation) tapasztalati szórással
SEM (Scanning electron microscope)	Pásztázó elektronmikroszkóp
SF (Silica fume)	Szilikapor
SF (Spacing factor)	Távolsági tényező (MSZ EN 480-11:2006)
SFA (Steinkohlenflugasche)	Köszénpernye
SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete)	Acélszál-erősítésű beton

SFRS (Steel Fiber Reinforced Shotcrete)	Acélszál-erősítésű lövellt beton
SI (Système International d'Unités, International System of Units)	Nemzetközi Mértékegység Rendszer (napjaink mértékrendszere lényegében 1976 óta)
SIA (Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein)	Svájci Mérnök- és Építészegylet, illetve az egylet által kiadott műszaki előírások betűjele
sic → (sic!) a „sic erat scriptum” latin kifejezésből	Így írták (ez vala írva)
SLD (Service Life Design)	Élettartamtervezés
SLWAC (Semi lightweight aggregate concrete)	Természetes (nem könnyű) homokkal készített könnyű adalékanyag, tömör szövetszerkezetű, teherhordó (teherbíró) könnyűbeton
SMB (Standardization Management Board)	Szabványosítási igazgatótanács
SM-kemence	<i>Siemens-Martin</i> -kemence
SN (Schweizer Norm)	Svájci szabvány
SNBPE (Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi)	Francia Transzportbetonkészítők Nemzeti Szakszervezete
SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer français)	Francia Nemzeti Vasúttársaság
SonReb (Sonic and rebound)	Eljárás az ultrahang terjedési sebesség és a visszapattanási érték együttes értékelésére
SPC (Statistical Process Control)	Statisztikai folyamatirányítás. Németül: SPS
SPCC (Sprayable Polymer Cement Concrete)	Lövellhető, polimerrel modifikált (módosított) cementhabarcs vagy beton
SPS (Surface protection system)	Felületvédő rendszer (MSZ EN 1542:2000)
SPS (Statistische Prozeß-Steuerung vagy angolul: SPC)	Statisztikai folyamatirányítás
SR (Szulfát rezisztens)	Szulfátálló cement, jele az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint
SS (Svensk Standard)	Svéd szabvány
STM (Scanning tunneling microscope)	Pásztázó alagútmikroszkóp
SVB (Selbstverdichtender Beton)	Öntömörödő beton
SVLB (Selbstverdichtender Leichtbeton)	Öntömörödő könnyűbeton
SWB (Säurewiderstandsfähiger Beton)	Saválló beton
SZIKKTI	Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet (Jogelődjével, az ÉaKKI-val együtt: 1953-1994. Az Intézet a SZIKKTI név felvételét megelőző évben, 1966-ban, a SZIKKI Szilikátipari Központi Kutató Intézet nevet viselte.)
TAB (Technical Assessment Body)	Műszaki Értékelő Testület
TÁÉE	Építési termékek teljesítmény állandóságának értékelése és ellenőrzése (305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet, lásd még: AVCP)
TAN (Total ammonia/ammonium nitrogen)	Összes ammónia/ammónium nitrogén
TC (Technical Committee)	Technikai bizottság

TEZ (Tonerdezement, Tonerdeschmelzzement)	Timföldcement, bauxitcement, összefoglaló néven aluminátcement (Teherhordó beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek készítéséhez 1962 óta tilos felhasználni)
TGL (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen)	Műszaki szabványok, minőségi előírások és szállítási feltételek (az egykori NDK szabványainak jele)
THG (Treibhausgase)	Üvegházhatású gázok
TIC (Total inorganic carbon)	Összes szervesetlen széntartalom, gyakran így jelölik moláris alapon az összes szén-dioxid-tartalmat is
TMB (Technical Management Board)	Műszaki igazgatótanács
TOC (Total organic carbon)	Összes szerves alakban kötött széntartalom
tpc	traszportlandcement
TSA (Thaumasite sulphate attack)	Taumazit szulfátkorrózió
TSZR	Tervezői Szolgáltatások Rendszere (Magyar Mérnöki Kamara)
u.i.v. (unabhängig und identisch verteilt)	Független és azonos eloszlású...
uamu (unified atomic mass unit)	Egységes atomi tömegegység; Lásd még: amu
UCL (Upper control limit), mint OEG	Felső beavatkozási határ vagy felső szabályozási határ
UEG (Untere Eingriffsgrenze), mint LCL	Alsó beavatkozási határ vagy alsó szabályozási határ
UGW (Unterer Grenzwert, Mindestwert)	Legkisebb megengedett érték
UHFB (Ultrahochfester Beton), mint UHSC	Ultra nagy-szilárdságú beton
UHLB (Ultra Hochleistungsbeton), mint UHPC	Ultra nagy-teljesítőképességű beton
UHP electric arc furnace (Ultra high power electric arc furnace)	Ultra nagy-teljesítményű elektromos ívkemence
UHPC (Ultra high performance concrete), mint UHLB	Ultra nagy-teljesítőképességű beton
UHSC (Ultra high strength concrete), mint UHFB	Ultra nagy-szilárdságú beton
UK (United Kingdom)	Egyesült Királyság (Nagybritannia)
UME	Útügyi műszaki előírás
UN (United Nations, németül: Vereinte Nationen)	ENSZ, Egyesült Nemzetek (Szövetsége), lásd még: UNO
UNI (Ente Italiano di Normazione)	Olasz Szabványügyi Testület, illetve az olasz szabványok betűjele
UNO (United Nations Organisation)	ENSZ, Egyesült Nemzetek Szövetsége
UPV (Ultrasonic pulse velocity)	Ultraszhang terjedési sebessége (betonban)
UPTT (Ultrasonic pulse transit time)	Ultraszhang impulzus áthaladási ideje (a betonban)
USL (Upper specification limit)	Felső tűréshatár
UWFA (Unprocessed waste fly ash)	Feldolgozatlan pernye

UWG (Untere Warngrenze), mint LWL	Alsó figyelmeztetési határ
UWL (Upper warning limit), mint OWG	Felső figyelmeztetési határ
VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik)	Villamosmérnöki, Elektronikai, Informatikai Szövetség
VDI (Verein Deutscher Ingenieure)	Német Mérnökök Egyesülete
vH (vom Hundert)	%, százalék
VLH (Very Low heat of Hydration)	Nagyon kis hidratációhő-fejlesztésű, az ilyen cement jelzője (MSZ EN 14216:2015)
VLRH (Very Low Rubber Hardness)	Nagyon kis gumi keménység (ISO 48-3:2018, DIN ISO 48-3:2021)
VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen)	Építési munkák megbízási és szerződési feltételei
VÖZ (Verein der Österreichischen Zementfabrikanten)	Osztrák Cementgyártók Szövetsége
vtasz.	vámtarifaszám
WCCP (Waste cellular concrete powder)	Hulladék gázbetonpor (pórusbetonpor)
WD (Working Draft)	Munkatervezet
WG (Working Group)	Munkacsoport
WIN (Wirtschaftsverband Mineralische Nebenprodukte e.V.)	Ásványi Melléktermékek Gazdasági Szövetsége, bejegyzett egyesület
WK (Kernfeuchte)	Adalékanyag belső nedvességtartalma (ÖNORM B 4710-1:2018)
WLS (Weighted least squares)	Súlyozott legkisebb hibanégyzetösszegek módszere
WPK (Werkseigene Produktionskontrolle)	Üzemi gyártásellenőrzés (Angol rövidítése: FPC)
WPP (Waste perlite powder)	Perlitpor hulladék
WU-Beton (Wasserundurchlässiges Beton)	Vízzáró beton (DIN 1045-2:2008, DIN EN 206:2017)
WV (Weibull-Verteilung)	Weibull-féle valószínűségi eloszlás
WWF (World Wide Fund for Nature)	Természetvédelmi Világalap
ZA melléklet	Az európai építőipari termékszabványok melléklete a szabványnak azon szakaszairól, amelyek az európai termékek EU-irányelvének követelményeit támasztják alá
ZTA (Zeit-Temperatur Austenitisierung)	Vas-ausztenítésítés idő-hőmérséklet diagramja
ZTV (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien)	Kiegészítő műszaki szerződési feltételek és irányelvek

1.4. JELÖLÉSEK

a	gyorsulás
a_{H^+}	hidrogénionok molban kifejezett aktivitása oldatban (molar hydrogenion activity), amely híg oldat esetén a hidrogénion-koncentrációval egyenértékű
$a_i = u$	teherviselő acélbetét tengelyének névleges távolsága a beton felületétől
a_{sd}	az oldalfal menti egyrétegű vasalás teherviselő acélbetétje tengelyének névleges távolsága a beton felületétől
a_{sh}	acélbetétköteg-irányú kéregvasalás keresztmetszete
$\arctg$	árkus tangens, a tangens függvény (tg) inverze, például: $tg45^\circ = 1,0$ és $\arctg1,0 = 45^\circ$
A	terület, felület
A	relatív atomtömeg
A	újrahasznosított betonadalékanyagok vízzel kioldódó, a cementpép kezdeti kötéseidőjére ható anyagok szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
A	fémek, például acélok szakadási maradó nyúlása (MSZ EN ISO 6892-1:2020)
$A(p)$	p alulmaradási hányadú tétel elfogadási valószínűsége
$A_{ct,ext}$	kengyeleken kívüli (húzott) betonfelület ($ext \rightarrow extern = kívül$)
A_e	fémek, például acélok folyási nyúlása, maradó folyási alakváltozása, értsd alatta a folyás alatti nyúlási tartomány hosszát (visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($e \rightarrow extension = nyúlás$). Lásd még: e_p
A_g	fémek, például acélok maradó nyúlása a legnagyobb terheléshor (MSZ EN ISO 6892-1:2020)
A_{gt}	hegeszthető fémek, például hegeszthető betonacélok teljes nyúlása a legnagyobb terheléskor (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ EN ISO 6892-1:2020, MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013), ($A_{gt} \rightarrow \varepsilon_u$, $t \rightarrow total = teljes$)
A_n	hegeszthető betonacél névleges keresztmetszeti felülete (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$A_{kihúzási}$	hatékony törési felület kihúzó vizsgálat esetén
A_p	fémek, például acélok egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlása terhelt állapotban. Lásd még: e_p , ε_p
A_r	fémek, például acélok egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlása terheletlen állapotban. Lásd még: e_r , ε_r
A_r	betonacélok és feszítőhuzalok szakadási egyenletes (kontrakció nélküli) maradó nyúlása az elszakadt próbatest hosszabb darabján mérve (MSZ EN ISO 15630-1:2020)
$A_{s,surf}$	kéregvasalás keresztmetszeti területe ($surf \rightarrow surface = felület$)
$A_{s,surf,min}$	kéregvasalás előírt legkisebb keresztmetszeti területe

A_t	fémek, például acélok teljes nyúlása töréskor (MSZ EN ISO 6892-1:2020), (t → total = teljes)
A_{wn}	fémek, például acélok szakadási egyenletes (kontrakció nélküli) maradó nyúlása az elszakadt próbatest hosszabb darabján mérve (MSZ EN ISO 6892-1:2020), (w → without = nélkül, n → necking = befűződés)
$A_{11,3}$	fémek, például acélok szakadási maradó nyúlásának (szakadási nem arányos nyúlásának, szakadási képlékeny nyúlásának) a jele, ha a szakadási maradó nyúlást $L_{0;10d} = 10 \times d_0$ eredeti (kezdeti) jeltávolság alkalmazásával határozzák meg (MSZ EN ISO 6892-1:2020, visszavont MSZ 105-1:1987). Magyarázat: Ha a körkeresztmetszetű fém-, például acél-próbapálca eredeti (kezdeti) keresztmetszete átmérőjének jele: d_0 és területének jele: S_0 , akkor a próbapálca eredeti (kezdeti) átmérője: $d_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times S_0} = 1,128 \times \sqrt{S_0}$ és $5 \times d_0$ hosszúságú eredeti (kezdeti) jeltávolsága: $L_{0;5d} = 5 \times d_0 = 5 \times 1,128 \times \sqrt{S_0} = 5,642 \times \sqrt{S_0},$ továbbá a $10 \times d_0$ hosszúságú eredeti (kezdeti) jeltávolsága: $L_{0;10d} = 10 \times d_0 = 2 \times L_{0;5d} = 2 \times 5,642 \times \sqrt{S_0} = 11,3 \times \sqrt{S_0}$ A $\sqrt{S_0}$ mennyiség 11,3 értékű szorzóját az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabványban az eredeti jeltávolság arányossági együtthatójának, a visszavont MSZ 105-1:1987 szabványban az eredeti jeltávolság arányossági tényezőjének nevezik, amelyet az A jel alsó indexében kell feltüntetni, ha az eredeti jeltávolság az $L_{0;5d}$ jeltávolságtól eltér. Figyelem: E szabványok szerint az a próbatest „nem arányos”, amelynek eredeti (kezdeti) jeltávolsága nem az $L_{0;5d}$ jeltávolság egészszámú többszöröse. A „nem arányos próbatest” kifejezésnek semminemű kapcsolata sincs a „nem arányos nyúlás” (maradó nyúlás, képlékeny nyúlás) kifejezéssel.
A_{80mm}	fémek, például acélok szakadási maradó nyúlásának (szakadási nem arányos nyúlásának, szakadási képlékeny nyúlásának) a jele, ha az eredeti (kezdeti) jeltávolság nem az $L_{0;5d}$ jeltávolság egészszámú többszöröse (az ilyen jeltávolsággal ellátott próbatestet úgy nevezett „nem arányos próbatestnek” nevezik), hanem például 80 mm (MSZ EN ISO 6892-1:2020, visszavont MSZ 105-1:1987)
A_{300}	hatékony légbuborékok mennyisége a beton térfogat%-ában kifejezve (A → air = levegő)
A/V	térfogati fajlagos felület német jele (Oberfläche zu Volumen Verhältnis)
AAV	kőanyaghalmoz kopási mértéke (MSZ EN 1097-8:2020, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (AAV → aggregate abrasion value = kőanyaghalmoz kopási értéke)
Ac	átvételi szám (MSZ ISO 2859-1:2008)
AcM	portlandcement szálerősítésű cement-termékek gyártásához (visszavont MSZ 4702-2:1997)

AC ₅₀ (H)	beton 50% elfogadási (átvételi) valószínűség mellett meghatározott nyomószilárdsági osztályának vagy hajlító-húzószilárdsági osztályának stb. kísérőjele. A jelben az AC betűk az „acceptance characteristic” (elfogadási jelleggörbe) szavak kezdőbetűi, az indexben az 50 pedig az elfogadási határértéken lévő nyomószilárdság értékek 50%-os elfogadási valószínűségére utal.
AFm	kalcium-aluminát-ferrit-monoszulfát, cement hidratációs termék
AFt	kalcium-aluminát-ferrit-triszulfát, cement hidratációs termék
A _{LM}	betonadalékanyag aprózódási csoportjának a jele (ÉPMI 4/2019.), (A _{LM} → együtt értékelt Los Angeles és a vizes mikro-Deval aprózódási veszteség)
A _N	kőanyagghalmazok szöges járműabroncsok koptatóhatása skandináv-vizsgálat szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 1097-9:2014, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (A _N → nordic abrasion value = skandináv kopási érték)
AM	cementek aluminát-modulusa
AS	kőanyagghalmazok savoldható szulfáttartalmát kifejező osztály betűjele (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
ATE	az <i>u</i> jelű atomi tömeg egység olykor használt magyar megfelelője
b	próbatest szélessége
B	melegen hengerelt betonacél jele (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006)
BH	hidegen alakított betonacélhuzal jele (MSZ 982:1987)
BHB	bordás körszelvényű hidegen alakított betonacélhuzal jele (MSZ 982:1987)
BHS	sima körszelvényű hidegen alakított betonacélhuzal jele (MSZ 982:1987)
B _g	<i>Tetmajer</i> -féle hajlítós szám (MOSz 105:1933)
B _k	binomiális valószínűségi eloszlás
B _n	hajlítási szívósság munkamodulusa, az erő-lehajlás görbe alatti terület szálerősítésű beton esetén
B _n	a β_{wN} „névleges szilárdságú” (jellemző értékű) beton nyomószilárdsági osztálya Németországban 2001 előtt. (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata). Például a $\beta_{wN} = 350 \text{ kp/cm}^2$ „névleges nyomószilárdságú” beton nyomószilárdsági osztálya B _n 350
B _{Y,y}	regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatója (lásd még $R_{Y,y}$, $I_{Y,y}$)
<i>c</i>	a fény vákuumbeli sebessége ($c = 299.792.458 \text{ m/s}$)
<i>c</i>	rugóállandó
<i>c</i>	ionok, kémiai elemek és vegyületek koncentrációja oldatokban
<i>c</i>	a friss beton cementtartalma, lásd még: M_C
<i>c</i>	= $k_{\text{megengedett}}$, valószínűségi független változó, a megengedett hibás (nem megfelelő) elemek száma az $n = 100$ elemszámú mintában
c(Al ₂ O ₃)	például a cementklinker alumínium-oxid összetevőinek atomtömege

$c[A^-], c(A^-)$	savmaradék-koncentráció
$c[B], c(B)$	bázis-koncentráció
$c[BH^+], c[HB^+], c(BH^+), c(HB^+)$	protolizált (a hidroxidionokat leadott) bázis koncentrációja, a BH^+ kation, azaz a bázisgyök koncentrációja
$c[HA], c(HA)$	sav-koncentráció
$c[H_3O^+], c(H_3O^+)$	hidroxóniumion-koncentráció
$c[OH^-], c(OH^-)$	hidroxidion-koncentráció
E_{din}	arányossági tényező a hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulus ($E_{din,L}$) számításához
c_{ekv}	hatékony kötőanyagtartalom
c_{min}	megkövetelt legkisebb cementtartalom
c_{min}	előírt legkisebb betonfedés
$c_{min,b}$	betonacél és feszítőacél tapadási követelménye miatt szükséges előírt legkisebb betonfedés
$c_{min,dur}$	környezeti hatások miatt a betonacél és feszítőacél korrózióvédelme érdekében szükséges előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($dur \rightarrow durability = \text{tartósság}$)
c_{nom}	előírt névleges betonfedés, $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
c_p	fajlagos hőkapacitás (fajhő) állandó nyomáson
c_{sb}	acélbetétköteg betonfedésének legkisebb értéke
c_v	fajlagos hőkapacitás (fajhő) állandó térfogaton
C	elektromos kapacitás
C	integrálási állandó
C	tömörítési mértékkel kifejezett betonkonzisztencia osztályának betűjele, Compaction class
C	kloridtartalmat kifejező osztály (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$C...$	szokványos (közönséges, normál) betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának jele a Model Code 2010:2012 (<i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$C.../...$	szokványos (közönséges, normál) betonok és a nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának jele az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 stb. szabványban
$C.../... -AC_{50}(H)$	50% elfogadási (átvételi) valószínűségű szokványos (közönséges, normál) betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint
C_{eq}	karbonegyenérték (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
C_{min}	a környezeti osztályhoz tartozó megengedett legkisebb beton nyomószilárdsági osztály
C_v	a betonacél és a feszítőacél nyúlási vagy szilárdsági tulajdonságának előírt előírt jellemző értéke (például: MSZ EN 10080:2005, további szabványok), ($C_v \rightarrow \text{characteristic value} = \text{jellemző érték}$)

C_0	a környezeti osztály szerint előírtnál ($C_{\min}$) legalább két fokozattal nagyobb erőtan számítás szerinti nyomószilárdsági osztály (visszavont MSZ EN 13369:2013, MSZ EN 13369:2024)
$C_{90/1}$	zúzottkő és zúzott kavics termékekben a tört és a töretlen szemek tömegszázalékát kifejező osztály (MSZ EN 933-5:1999, MSZ EN 933-5:1998/A1:2005, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$C(0,40)$, $C(0,45)$, $C(0,70)$	a referenciabeton nyomószilárdságának jellemző értéke (küszöbértéke), ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 16 mm vagy 20 mm és a víz-cement tényező értéke 0,40; 0,45 vagy 0,70 (MSZ EN 1766:2017). Lásd még: $MC(0,40)$, $MC(0,45)$, $MC(0,70)$, $MC(0,75)$, $MC(0,90)$; (Raupach et al., 2008)
CC	betonburkolatból fűrt magminták nyomószilárdsági osztályának betűjele az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint ($C \rightarrow$ compressive = nyomó, $C \rightarrow$ core = magminta)
CEM	cementfajta az MSZ EN 197 sorozatnak megfelelően
CF	<i>Glanville</i> -féle tömörödési tényező (szám), ($CF \rightarrow$ compacting factor). Megjegyzés: Nem tévesztendő össze a <i>Walz</i> -féle tömörítési mértékkel
CF	a durva szemmegoszlású finom kőanyaghalmozok finomsági modulus szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány B melléklete), ($C \rightarrow$ coarse = durva, $F \rightarrow$ fineness modulus = finomsági modulus)
CK_t	útpályaszerkezeti alapréteg céljára, telephelyen kevert, cementtel stabilizált homokos kavics keverék (e-UT 06.03.52:2007 útügyi műszaki előírás)
$CMOD_{FL}$	a fémshál-erősítésű betonok hajlító-húzószilárdság mérésével foglalkozó MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerint a bemetszett próbahasáb alsó szélső szálának az $f_{ct,L}^f$ arányossági határhoz (angol rövidítése: LOP) tartozó, legfeljebb 0,05 mm értékű megnyúlása
$Cov(X,Y)$	x-y értékpár kovarianciája
CP	útpályaburkolati beton e-UT 06.03.31:2017, e-UT 06.03.11:2010 és e-UT 06.03.15:2006 útügyi műszaki előírás szerinti húzószilárdsági osztályának a betűjele
CP	a durva szemmegoszlású finom kőanyaghalmozok – a 0,5 mm nyílású szitán áthullott anyagmennyiség tömegszázaléka szerinti – osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány B melléklete), ($C \rightarrow$ coarse = durva, $P \rightarrow$ passing = áthullás)
CR	elfogadási valószínűség
CSH	kalcium-szilikát-hidrát, hidratációs termék
CV	Variációs tényező, variációs együttható, relatív szórás a „coefficient of variation” kifejezésből (<i>Plate</i> , 1993). A variációs tényező, variációs együttható, relatív szórás nem tévesztendő össze a varianciával.
C_2S	dikalcium-szilikát, cementklinker ásvány. β -módosulatát (β - C_2S) belitnek nevezik.

C_3A	trikalcium-aluminát, felit, cementklinker ásvány
C_3S	trikalcium-szilikát, alit, cementklinker ásvány
C_4AF	tetrakalcium-aluminát-ferrit, celit, cementklinker ásvány
$c(X)$	az X anyag (például a cementklinkerben lévő oxid) tömegszázalékban kifejezett mennyisége
d	adalékanyag szemnagysága, névleges szemnagyság
d	fúrt magminta átmérője
$d_a, d_{\text{átlag}}$	az átlagos szemnagyság tízes alapú logaritmikus beosztású abszcisszatengely esetén, a $lg d_{\text{átlag}}$ logaritmikus várható érték numerusa ($d_a = 10^{lg d_a}$), (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
d_{br}	hajlított betonacél legkisebb hajlítási átmérője
d_i	az i-edik részszelem határ
d_k	a t időhöz tartozó karbonátosodási mélység mm mértékegységben (MSZ EN 12390-12:2020)
d_m	a $lg d_m$ abszcisszatengely kezdőértékének a numerusa, az abszcisszatengely kezdőértékéhez tartozó szemnagyság a logaritmikus finomsági modulus számításához
$d_{\max}$ vagy d_g	adalékanyag legnagyobb szemnagysága
$d_p = \varnothing_p$	feszítőacél tényleges átmérője
$d_s = \varnothing_s$	betonacél, illetve húzott acélbetét névleges átmérője
$d_{sv} = \varnothing_n$	acélbetétköteg egyenértékű (helyettesítő) átmérője
d_y	acélbetét hatásvonalának a nyomott szélső száltól való távolsága
$^{\circ}dH$	német vízkeménység jele német nyelvterületen (Magyarországon: nk°)
D	direkciós állandó a lineáris erőtörvényben
D	diffúziós együttható, diffúziós tényező
D	légbuborékeloszlási számításokban figyelembe vett legnagyobb légbuborék névleges átmérője
D	szilikapor, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
Da (dalton)	atomi tömegegység
D_b	helyettesítő hatékony légbuborék névleges átmérője
D_{Cl}	klorid-diffúziós együttható a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
D_d	beton legkisebb szilárdulási mértéke az utókezelés végén a 28 napos kori jellemző érték százalékában, a környezeti osztály függvényében (MSZ EN 13369:2013, visszavont; MSZ EN 13369:2024)
D_{FF}	tényleges klorid-diffúziós (kloridion-diffúziós) együttható (Gehlen, 2000), lásd még: D_{nss} GEHLEN VÁLASZÁTÓL FÜGGŐEN
D_{lower}	adalékanyag legnagyobb szemnagyságának megengedett (előírt) legkisebb értéke, például $D_{\text{lower}} \geq 8$ mm
$D_{\max}$ vagy D	adalékanyag legnagyobb szemnagysága
D_n vagy d_n	hajlítási szívósság viszonyított erő-modulusa (F_n/F_t), szálerősítésű beton esetén

D_{nss}	nem állandósult állapotú klorid-diffúziós együttható (MSZ EN 12390-11:2016)
D_{RCM}	a gyors módszerrel meghatározott egyirányú kloridion-vándorlásos nem állandósult állapotú kloridmigrációs együttható jele az MSZ EN 12390-18:2021 szabvány megjelenése előtt az irodalomban. Lásd még: M_{nss}
D_{ss}	állandósult állapotú klorid-diffúziós együttható (MSZ EN 12390-11:2016)
D_{upper}	adalékanyag legnagyobb szemnagyságának megengedett (előírt) legnagyobb értéke, például $D_{\text{lower}} < 8 \text{ mm}$
$D(\xi)$ vagy $D(x)$	a ξ , illetve az x valószínűségi változók szórása
$D(\ln x)$	x valószínűségi változók természetes logaritmusainak szórása
e_p	fémek, például acélok egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlása terhelt állapotban (MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($e \rightarrow$ extension = kiterjedés, nyúlás; $p \rightarrow$ plastic = itt „maradó”-t jelent). Lásd még: A_p
e_r	fémek, például acélok egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlása terheletlen állapotban (MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($e \rightarrow$ extension = kiterjedés, nyúlás) Lásd még: A_r
e_t	Magyarázat: a σ - ε görbe íves tehermentesítési ága metszi ki az ε tengelyen fémek, például acélok névleges folyáshatárhoz tartozó teljes nyúlása terhelt állapotban (MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($e \rightarrow$ extension = kiterjedés, nyúlás; $t \rightarrow$ total = teljes)
E	rugalmassági modulus, amelyet <i>Thomas Young</i> (1773-1829) brit orvos, polihisztor munkássága nyomán <i>Young</i> -modulusnak is neveznek
$E_{\text{alakváltozási}}$	alakváltozási modulus, amelyet húrmodulusnak (E_D) is neveznek
E_b	a beton átlagos rugalmassági modulusának szokásosan alkalmazott értéke, 30000 N/mm^2
E_b	tehermentesítési rugalmassági modulus; statikai
$E_c, E_c(28), E_{c,\text{cyl}}$	szokványos beton érintőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél 28 napos korban az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Ez a rugalmassági modulus a kezdeti rugalmassági modulussal (E_0) azonos, és nem tévesztendő össze az E_T érintőmodulussal.
$E_c(t)$	szokványos beton érintőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél t napos korban az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint, azaz a kezdeti rugalmassági modulus a beton t napos korában
$E_{c,\text{eff}}$	szokványos betonnak a kúszási tényező végértékétől is függő alakváltozási tényezője az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Az E_i ideális rugalmassági modulushoz hasonló rugalmassági modulus, amelyet nem szabad összetéveszteni az alakváltozási modulusnak ($E_{\text{alakváltozási}}$) is nevezett húrmodulussal (E_D).
E_{cd}	szokványos beton rugalmassági modulusának teherbírasi tervezési értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Értéke általában: $E_{cm}/1,2$.
$E_{cd,\text{eff}}$	szokványos beton rugalmassági modulusának hatékony teherbírasi tervezési értéke, amely az φ_{ef} hatékony kúszási tényezőnek is függvénye MSZ EN 1992-1-1:2010)

$E_{cm}, E_{cm,cyl}$	szokványos beton szelőmodulusa az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint, amely a $\sigma_c = 0$ és a $0,4 \times f_{cm,cyl}$ pontokon átmenő egyeneshez tartozó rugalmassági modulus. Ezt a rugalmassági modulust hazánkban hagyományosan húrmodulusnak (E_D) nevezzük.
$E_{cm}(t)$	szokványos beton szelőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél t napos korban, azaz a húrmodulus a beton t napos korában MSZ EN 1992-1-1:2010)
E_{cs}	kőanyaghalmozok tölcésrés kifolyási ideje (MSZ EN 933-6:2014, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
E_d	az igénybevétel tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011)
$E_{din,F}$	hajlítási (flexiós) dinamikai rugalmassági modulus
$E_{din,L}$	hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulus
$E_{din,T}$	csavarási (torziós) dinamikai rugalmassági modulus
E_D	húrmodulus, amelyet alakváltozási modulusnak ($E_{alakváltozási}$) is neveznek
E_i	ideális rugalmassági modulus vagy nevezik hatásos alakváltozási tényezőnek is, tartós terhelés esetén
E_p	feszítőpázmák rugalmassági modulusának teherbírási tervezési értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.3.6. szakasza szerint
$E_{rugó}, E_{rugó,ütési}$	<i>Schmidt</i> -kalapács ütőrugójának ütési rugalmas energiája
E_q	equivalens tömeg
E_s	betonacél teherbírási tervezési értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.2.7. szakasza)
E_s	betonacél átlagos rugalmassági modulusának szokásosan alkalmazott értéke
E_s	betonacél kezdeti húzási rugalmassági modulusa (<i>Mihailich</i> et al., 1964)
E_T	érintőmodulus; statikai
$E_{ütőkos,visszapattanási}$	<i>Schmidt</i> -kalapács ütőkosának visszapattanási energiája
E_0	kezdeti rugalmassági modulus; statikai
E I, E II, E III	Adalékanyagok alkáli (alkálifém-oxid) reakció érzékenységi osztálya (DAfStb Alkali-Richtlinie, 2013)
EH, EHK	előírt szemmegoszlású homok, homokos kavics szemmegoszlási termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18293:1979)
f	frekvencia, rezgésszám
f	fajlagos felület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
f	szabadságfok. Ha az n elemű függvény együtthatóinak száma p , akkor az x független változó szabadságfoka: $f = n - p$. Előfordulására lásd például az MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képletét.
f	kőanyaghalmozok finomszemtartalmi osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
f_0	hajlító-húzófeszültség az első repedésnél

f_c	betonszilárdság valamely értéke, általában 28 napos korban, mindig N/mm^2 (MPa) mértékegységben. Ha az indexben egyéb jel nem szerepel, akkor az f_c jel általában a próbahengeren meghatározott nyomószilárdságot jelöli.
$f_{c,\text{Bohrkern}}$	az $f_{c,\text{core}}$ jelölés német megfelelője (DIN EN 13791:2020)
$f_{c,\text{core}}$	beton nyomószilárdsága kifűrt magmintából kivágott $\text{Ø}150 \times 150$ mm méretű próbahengeren (MSZ EN 13877-2:2013), illetve bármely méretű és magasság:átmérő arányú magminta-próbahengeren (MSZ EN 13791:2019)
$f_{c,\text{cube}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán. Esetenként előfordul, hogy így a próbakockán mért, tapasztalati nyomószilárdságot jelölik, mint amire példa az MSZ EN 13791:2019 szabvány.
$f_{c,\text{cube,H}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{c,\text{cure}}$	az előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbeton termékkel azonos minőségű beton próbahenger vagy próbakocka előírt legkisebb átlagos nyomószilárdsága az előregyártott termék utókezelése (kiszáradástól való védelme) végén, a környezeti osztály és a nyomószilárdsági osztály függvényében, a jellemző érték százalékában, az MSZ EN 13369:2024 szabvány szerint: $f_{c,\text{cure}} = (D_d\%/100) \times f_{ck}$. (cure $\rightarrow$ curing = kezelés) Minthogy a jellemző érték meghatározási módja az alulmaradási tényező függvényében szabványonként különböző lehet, helyesebbnek tartjuk, ha az $f_{c,\text{cure}}$ értékét a 28 napos korú beton előírt átlagos nyomószilárdságának (f_{cm}) értékéből számítjuk ki.
$f_{c,\text{cyl}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\text{Ø}150 \times 300$ mm méretű próbahengeren
$f_{c,\text{cyl,H}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, vegyesen tárolt $\text{Ø}150 \times 300$ mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{c,\text{is}}$	fűrt beton magmintából kivágott, természetes (in situ) nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű próbahenger nyomószilárdsága a 2:1 magasság:átmérő méretarányú próbahenger nyomószilárdságával kifejezve, amelyet az „építménybeton” nyomószilárdságának neveznek (MSZ EN 13791:2019 szabvány 2. táblázata) Értelmezésünk szerint az $f_{c,\text{is}}$ az „építménybeton” legalább 75 mm átmérőjű, 2:1 magasság:átmérő méretarányú próbahenger nyomószilárdságával kifejezett nyomószilárdsága egy adott mérési helyen (mérési ponton), amelyet vagy egy magminta-próbahenger vizsgálatával ($f_{c,\text{is,cyl}}$), vagy roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálattal ($f_{c,\text{is,reg}}$) lehet meghatározni.
$f_{c,\text{is,cyl}}$	fűrt beton magminta-próbahenger nyomószilárdsága adott mérési helyen (is $\rightarrow$ in situ = eredeti helyén)
$f_{c,\text{is,cyl,légszáraz}}$	légszáraz állapotú fűrt beton magminta-próbahenger nyomószilárdsága
$f_{c,\text{is,cyl},\text{Ød/h,test}}$	d átmérőjű, h magas fűrt beton magminta-próbahenger tapasztalati nyomószilárdsága

$f_{c, is, est}$	építménybe beépített beton (monolit szerkezeti elem vagy előregyártott elem betonja), az úgy nevezett „építménybeton” becsült nyomószilárdsága adott mérési helyen, kétegyütthatós (kétparaméteres) regressziós függvény alkalmazása esetén, statikai értékelés céljára (MSZ EN 13791:2019 szabvány (10) képlete), ($est \rightarrow estimated = becsült$) Értelmezésünk szerint az $f_{c, is, est}$ az $f_{c, is, reg}$ átszámított nyomószilárdság jellemző értéke adott mérési helyen.
$f_{c, is, highest}$	monolit szerkezeti elem(ek) vagy előregyártott elem(ek) mérési helyein meghatározott, együtt értékelhető – a természetes nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű és 2:1 magasság:átmérő méretarányú „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerek nyomószilárdságával kifejezett – nyomószilárdságok ($f_{c, is}$) legnagyobbika (MSZ EN 13791:2019)
$f_{c, is, Höchstwert}$	az $f_{c, is, highest}$ jelölés német megfelelője (DIN EN 13791:2020)
$f_{c, is, lowest}$	monolit szerkezeti elem(ek) vagy előregyártott elem(ek) mérési helyein meghatározott, együtt értékelhető – a természetes nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű és 2:1 magasság:átmérő méretarányú „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerek nyomószilárdságával kifejezett – nyomószilárdságok ($f_{c, is}$) legkisebbike (MSZ EN 13791:2019)
$f_{c, is, reg}$	roncsolásmentes vizsgálattal mért nyomószilárdság regressziós függvénnyel – az „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerből számított nyomószilárdságára ($f_{c, is}$) – átszámított értéke (DIN EN 13791:2020)
$f_{c, is, Tiefstwert}$	az $f_{c, is, lowest}$ jelölés német megfelelője (DIN EN 13791:2020)
$f_{c, m(i), is}$	monolit szerkezeti elem(ek) vagy előregyártott elem(ek) mérési helyein meghatározott, együtt értékelhető – a természetes nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű és 2:1 magasság:átmérő méretarányú „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerek nyomószilárdságával kifejezett – nyomószilárdságok ($f_{c, is}$) átlagértékeinek valamelyike (MSZ EN 13791:2019 szabvány 2. táblázata), lásd $f_{c, m(n), is}$ és $f_{c, m(m), is}$
$f_{c, m(n), is}$	az összes (n számú) meghatározott „építménybeton”-nyomószilárdság ($\Sigma f_{c, is}$) átlagértéke (MSZ EN 13791:2019)
$f_{c, m(m), is}$	az m számú érvényes roncsolásmentes vizsgálattal mért nyomószilárdság regressziós függvénnyel átszámított összes értékének ($\Sigma f_{c, is, reg}$) átlagértéke (MSZ EN 13791:2019 szabvány (5) képlete)
$f_{c, Würfel}$	a beton 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott nyomószilárdsága, általában 28 napos korban, N/mm^2 (MPa) mértékegységben (DIN EN 13791:2020)
f_{cd}	beton nyomószilárdságának teherbírasi tervezési értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cd, t}$	t korú beton nyomószilárdságának teherbírasi tervezési értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
f_{cf}	beton hajlító-húzószilárdsága (MSZ EN 12390-5:2019), ($f \rightarrow flexural = hajlító$)

f_{ci}	beton nyomószilárdságának egyedi (egyes) tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten, amely egyetlen próbatest nyomószilárdsága vagy az egy mintából készített egy vagy több próbatest nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke, és ez egy vizsgálati eredménynek számít
$f_{ci,core,100}, f_{ci,core,150}$	1/1 átmérő/magasság arányú, 100 mm, illetve 150 mm átmérőjű fűrt beton magminta egyedi nyomószilárdsága (core = mag)
$f_{ci,cube}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ci,cube,H}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ci,cube,200,H}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ci,cube,200,H,t}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke „t” korban, vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán értelmezve, például az „építménybeton” Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálata esetén
$f_{ci,cyl}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{ci,cyl,H}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ci,cyl,t}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke „t” korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezve, például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
f_{ck}	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten
$f_{ck,core}$	beton nyomószilárdságának jellemző értéke kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
$f_{ck,cube}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,t}$	t korú beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,test,t}$	t korú beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,H}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ck,cube,H,t}$	t korú beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ck,cube,H,test,t}$	t korú beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)

$f_{ck,cube,200}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán. Németországban „Nennfestigkeiteit”-nek nevezték, β_{WN} -nek jelölték, és N/mm ² -ben kifejezett számértéke a beton nyomószilárdsági osztályának a jele volt, például $\beta_{WN} = 25 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{B 25}$ (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata)
$f_{ck,cyl}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,min}$	a beton nyomószilárdságának – az igénybevételből számított, a beton nyomófeszültségétől (σ_{cu}) függő – szabványos, Ø150×300 mm méretű, 28 napos korú, végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett, legkisebb (megkövetelt) jellemző értéke
$f_{ck,cyl,t}$	t korú beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,test,t}$	t korú beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,H}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ck,is}$	fűrt magmintán meghatározott nyomószilárdság előírt jellemző értéke (is $\rightarrow$ in situ = eredeti helyén)
$f_{ck,is}$	fűrt beton magmintából kivágott, természetes (in situ) nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű próbahengerek nyomószilárdságának ($f_{c,is}$) jellemző értéke a 2:1 magasság:átmérő méretarányú próbahengerek nyomószilárdsága jellemző értékével kifejezve, más szóval az „építménybeton” nyomószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 13791:2019)
$f_{ck,is,cube,t}$	t korú betonból fűrt magminta nyomószilárdságából számított kockaszilárdság előírt jellemző értéke
$f_{ck,is,cyl,t}$	t korú betonból fűrt magmintán meghatározott nyomószilárdság előírt jellemző értéke
$f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas (Ø100×100 mm), t korú betonból fűrt magminták légszáraz állapotban meghatározott nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke; $f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, t} = f_{ck,cube,H, test, t}$
$f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, vizes, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas (Ø100×100 mm), t korú betonból a vizsgálat előtt legalább 48 órán át 20±2 °C hőmérsékletű vízben tárolt fűrt magminták nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke: $f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, vizes, t} = f_{ck,cube, test, t}$
$f_{ck,is, test, t}$	t korú betonból fűrt magmintán meghatározott nyomószilárdság tapasztalati jellemző értéke
$f_{ck,spec}$	2:1 magasság:átmérő méretarányú fűrt beton magminta-próbahengerek nyomószilárdságának, illetve az azokra vonatkoztatott nyomószilárdságok jellemző értéke, amellyel a beton nyomószilárdsági osztályát kifejezik (MSZ EN 13791:2019)
f_{cm}	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten

$f_{cm,cube}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{cm,cube,H}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{cm,cube,200,H,t}$	beton 200 mm méretű, légszáraz próbakockán értelmezett, a vizsgálat idején („t” korban) valószínűleg meglévő átlagos nyomószilárdsága, például az „építménybeton” <i>Schmidt</i> -kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálata esetén, az együtt értékelendő <i>Schmidt</i> -kalapácsos vizsgálati helyek $f_{ci,cube,200,H,t}$ nyomószilárdságainak átlaga
$f_{cm,cube,H,t}$	beton 150 mm méretű, légszáraz próbakockán értelmezett, a vizsgálat idején („t” korban) valószínűleg meglévő átlagos nyomószilárdsága, például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{cm,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{cm,cube,test,H}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{cm,cyl}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cm,cyl,ASTM}$	ASTM C 192:1952 T szabvány szerinti $d = 152,5$ mm átmérőjű és $h = 2 \times d = 305,0$ mm magas, 3 napos korig nedves kendők alatt, azután a nyomószilárdság vizsgálatig víz alatt tárolt beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt átlagértéke
$f_{cm,cyl}(t_0)$	beton nyomószilárdságának szabványos hengeren értelmezett átlagértéke a tartós terhelés t_0 kezdeti időpontjában, amelyet – feltételezve, hogy a beton 28 napos korában eléri a nyomószilárdság tervezett értékét – az $f_{cm,cyl}(t_0) = \beta_{cc}(t_0) \times f_{cm,cyl}$ összefüggésből kell meghatározni (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$f_{cm,cyl,t}$	beton Ø150×300 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején („t” korban) valószínűleg meglévő átlagos nyomószilárdsága, például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{cm,cyl,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszáraz, t}$	t korú betonból fűrt magmintákból kialakított, Ø100×100 mm méretű próbahengerek légszáraz állapotban meghatározott nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke; $f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszáraz, t} = f_{cm,cube,H, test, t}$
$f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, vizes, t}$	t korú betonból fűrt magmintákból kialakított, Ø100×100 mm méretű, vizsgálat előtt legalább 48 órán át 20±2 °C hőmérsékletű vízben tárolt próbahengerek nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke; $f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, vizes, t} = f_{cm,cube, test, t}$
$f_{cm,t}$	beton átlagos nyomószilárdsága „t” napos korban vagy „t” korú végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten értelmezve, az utóbbi esetben például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{cm,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten

f_{ct}	beton tengelyirányú húzószilárdsága (MSZ EN 1992-1-1:2010), (t → tensile = húzó, tensile strength = húzószilárdság)
$f_{ct,fl}$	beton hajlító-húzószilárdsága (t → tensile = húzó, fl → flexural = hajlító)
$f_{cti,fl}$	beton hajlító-húzószilárdságának egyedi (egyes) tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahasábon, amely egyetlen próbahasáb hajlító-húzószilárdsága vagy az egy mintából készített egy vagy több próbahasáb hajlító-húzószilárdságának tapasztalati átlagértéke, és ez egy vizsgálati eredménynek számít (MSZ 4798:2016)
$f_{ctk,fl}$	beton hajlító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahasábon (MSZ 4798:2016)
f_{ctm}	beton tengelyirányú húzószilárdságának átlagértéke
$f_{ctm,fl}$	beton hajlító-húzószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahasábon (MSZ 4798:2016)
$f_{ct,L}^f$	a fémszál-erősítésű betonok hajlító-húzószilárdság mérésével foglalkozó MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerinti úgy nevezett arányossági határ (angol rövidítése: LOP); az a legnagyobb hajlító-húzófeszültség, amely a bemetszett próbahasáb alsó szélső szálának legfeljebb 0,05 mm értékű $CMOD_{FL}$ megnyúlását vagy a próbahasáb legfeljebb 0,08 mm értékű δ_{FL} lehajlását okozza; átlagérték (t → tensile = húzó, L → LOP = arányossági határ)
$f_{ct,sp}$	beton hasító-húzószilárdsága (t → tensile = húzó, sp → splitting = hasító)
$f_{ct,sp,core}$	kifűrt beton magmintából kialakított próbahengeren meghatározott hasító-húzószilárdság előírt értéke
$f_{cti,sp}$	beton hasító-húzószilárdságának egyedi (egyes) tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren, amely egyetlen próbatest hasító-húzószilárdsága vagy az egy mintából készített egy vagy több próbatest hasító-húzószilárdságának tapasztalati átlagértéke, és ez egy vizsgálati eredménynek számít (MSZ 4798:2016)
$f_{ctk,sp}$	beton hasító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ctk,sp,core}$	beton hasító-húzószilárdságának jellemző értéke kifűrt magmintából kivágott Ø150×300 mm méretű próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
$f_{ctk,sp,test}$	beton hasító-húzószilárdságának tapasztalati jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ctm,sp}$	beton hasító-húzószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016, ISO 1920-4:2005)
$f_{ctm,sp,test}$	beton hasító-húzószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{f,n}$	ℓ/n lehajláshoz tartozó hajlító-húzófeszültség

$f_{f,n,p}$	ℓ/n lehajláshoz tartozó hajlító-húzófeszültség p száladagolás mellett (NBN B 15-239:1992)
f_{fk}	beton hajlító-húzószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 13877-1:2013)
f_{fu}	beton hajlító-húzószilárdsága, azaz legnagyobb hajlító-húzófeszültsége
f_F	a nyomószilárdság alapértéke kihúzó vizsgálat esetén
$f_{F,t}$	a t korú beton nyomószilárdságának alapértéke kihúzó vizsgálat esetén
f_{is}	fűrt beton magminta nyomószilárdságának tapasztalati értéke
$f_{is,cyl,\varnothing 100\times 100,test}$	fűrt beton magmintából kialakított, $\varnothing 100\times 100$ mm méretű, csiszolatlan nyomott felületű próbahenger tapasztalati nyomószilárdsága az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során a visszavont MSZ EN 13791:2007 szabvány szerint, $f_{is,cyl,\varnothing 100\times 100,test} = f_{c,cube,H}$
$f_{is,min}$	fűrt beton magminták nyomószilárdságának tapasztalati legkisebb értéke
f_{fck}	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\varnothing 150\times 300$ mm méretű próbahengeren meghatározott jellemző (karakterisztikus) értékének jele a Model Code 2010:2012 (<i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{fck,cube}$	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott jellemző (karakterisztikus) értékének jele a Model Code 2010:2012 (<i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{fck,cyl}$	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\varnothing 150\times 300$ mm méretű próbahengeren meghatározott jellemző (karakterisztikus) értékének jele a Model Code 2010:2012 (<i>fib</i> bulletin 65) előírásban
f_{fcm}	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\varnothing 150\times 300$ mm méretű próbahengeren meghatározott átlagértékének jele a Model Code 2010:2012 (<i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{m(n),is}$	n számú fűrt beton magminta nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke (visszavont MSZ EN 13791:2007)
f_p	húzószilárdság, kihúzószilárdság
f_p	feszítőacél húzószilárdsága (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013), ($p \rightarrow$ prestressing = előfeszítő)
f_{pk}	feszítőacél húzószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013), ($p \rightarrow$ prestressing = előfeszítő)
$f_{p0,1}$	határozott folyáshatár (f_y) nélküli, hidegen húzott feszítőhuzal 0,1%-os egyezményes folyáshatára (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
$f_{0,2k}$	határozott folyáshatár (f_y) nélküli, hidegen alakított betonacél 0,2%-os egyezményes folyáshatárának jellemző értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
$f_{p,t}$	húzószilárdság, kihúzószilárdság, t korú beton esetén
$f_{rezonancia}$	próbatest saját rezgési frekvenciája, rezonancia-frekvencia

f_R	roncsolásmentes szilárdságvizsgálat becslő összefüggésén (görbén, egyenesén) meghatározott (leolvasott) nyomószilárdság (visszavont MSZ EN 13791:2007)
f_{sk}	beton hasító-húzószilárdságának (tensile splitting strength) jellemző értéke (MSZ EN 13877-1:2013)
f_t	betonacél húzószilárdsága, szakítószilárdsága (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013, MSZ EN 1992-2:2009), (t $\rightarrow$ tensile = húzó)
f_{tk}	betonacél húzószilárdságának, szakítószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013, MSZ EN 1992-2:2009), (t $\rightarrow$ tensile = húzó)
$f_{t,core}$	beton hasító-húzószilárdsága kifűrt magmintából kivágott próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
$f_{tk,core}$	beton hasító-húzószilárdságának jellemző értéke kifűrt magmintából kivágott próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
f_y	betonacél folyáshatárának, folyási feszültségének jellemző értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
f_{yd}	betonacél folyáshatárának tervezési értéke (<i>Mihailich</i> et al., 1964)
f_V	térfogati fajlagos felület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$f_{0,ref}$	erősítő szálak nem tartalmazó referenciabeton hajlító-húzószilárdsága (NBN B 15-239:1992)
F	erő, kihúzóerő
F	útbetonok hajlító-húzószilárdsági osztályának jele (MSZ EN 13877-1:2013)
F	<i>Hummel</i> -féle terület gyakorlati termékminősítő értéke
F	fehér portlandcement jele (visszavont MSZ 4702-2:1997)
F	területi mértékkel kifejezett betonkonzisztencia osztály betűjele
F	kőanyagalmazok fagyállósági osztályának betűjele (MSZ EN 1367-1:2007, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
F_c	adott felületi repedéstágassághoz tartozó élmenti repesztőerő vasbeton vagy szálerősítésű beton esetén
F_j	kihúzóerő, t korú beton esetén
F_{lgd}	<i>Hummel</i> -féle terület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
F_m	feszítőpálya szakítóerejének előírt értéke (MSZ 465:1987)
F_m	legnagyobb erő (MSZ EN ISO 6892-1:2020)
F_{mi}	egyreszálú feszítőhuzal-próbatestek mért szakítóereje (MSZ 5720:1993 szabvány 2. kiadása, 2003)
F_{mm}	feszítőhuzal szakítóerejének mért átlagértéke (MSZ 5720:1993 szabvány 2. kiadása, 2003)
$F_{m/n}(H)$	adalékanyag fagyállósági osztályának betűjele (MSZ 4798:2016), (m $\rightarrow$ fagyasztási ciklusszám, n $\rightarrow$ megengedett tömegvesztés százalékban)
F_n	hajlítóerő, amelyhez a hajlítási szívósság B_n munkamodulusa tartozik, illetve amely az ℓ/n lehajláshoz tartozik, szálerősítésű beton esetén

$F_{nyomó}$	testeket felületükön egymáshoz szorító nyomóerő
F_p	feszítőpáaszma jele (MSZ 465:1987)
$F_{p0,1}$	feszítőpáaszma 0,1%-os egyezményes folyáshatárához tartozó előírt erő (MSZ 465:1987)
F_r vagy F_0	hajlítóerő az első repedésnél, szálerősítésű beton esetén
$F_{rugó}$	lineáris rugóerő
F_{tap}	tapadási súrlódási erő (álló súrlódás)
F_u	legnagyobb hajlítóerő, szálerősítésű beton esetén
FF	a finom szemmegoszlású finom kőanyagalmazok finomsági modulus szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány B melléklete), ($F \rightarrow fine$ = finom és $F \rightarrow fineness$ modulus = finomsági modulus)
FI	zúzottkő, zúzottkavics, újrahasznosított bontott beton adalékanyagok réses rostálással meghatározott „lemezességi száma”, mint szemalakjellemző (MSZ EN 933-3:2012, visszavont ÚT 2-3.601:2006, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), ($F \rightarrow flakiness$ = lemezesség, $I \rightarrow index$)
FL	újrahasznosított betonadalékanyagok felúszó anyagok szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
FP	a finom szemmegoszlású finom kőanyagalmazok – a 0,5 mm nyílású szitán áthullott anyagmennyiség tömegszázaléka szerinti – osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány B melléklete), ($F \rightarrow fine$ = finom, $P \rightarrow passing$ = áthullás)
F I, F II, F III	fehér cementek fehérségi fokozata (MSZ 4737-2:2013)
g	nehézségi gyorsulás a Földön, a 45° földrajzi szélességen, tengerszinten, $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$
g	páraátbocsátási tényező
G	súly, súlyerő, nehézségi erő
G	nyírási (csúszási) modulus
G_p	kritikus érték a <i>Grubbs</i> -próba szerint (MSZ EN 13791:2019)
$G_A, G_C, G_{CA}, G_F, G_G, G_{NG}$	kőanyagalmaz termékek szemmegoszlási osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
G_T	durva kőanyagalmaz termékek szemmegoszlási határértéke tűrési osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008)
h	adalékanyag szem hosszúsága (a három befoglaló méret közül a legnagyobb)
h	fűrt betonmagminta hossza
h	próbatest magassága
h	nyomómagasság, egységnyi hosszra jutó nyomáskülönbség, hidraulikus gradiens a <i>Darcy</i> -féle törvényben
h	statikában az acélbetét középvonalának a nyomott szélső száltól vett távolsága

h	a betontervezésben használatos, a földnedves konzisztenciához tartozó x_0 alap víz-cement tényező (redukált víz-cement tényező) kiszámításához szükséges <i>Palotás</i> -féle, konzisztenciafüggő hígítási tényező
h	<i>Planck</i> -állandó ($h = 6.626.070.150 \times 10^{-34}$ kgm ² /s)
h_{etalon}	<i>Poldi</i> -kalapács etalon rúdában keletkezett benyomódási mélység (mm)
$h_{\text{fém}}$	<i>Poldi</i> -kalapáccsal vizsgált fémekben keletkezett benyomódási mélység (mm)
h_y	beton keresztmetszet magassága
h_0	cement relatív vízszükséglete (vízigénye)
h_0	szerkezeti elem hatásos vastagsága, szerkezeti elem elméleti vastagsága
H	hosszirányú csúsztatóerő
H_{hiba}	a korrelációs függvény relatív hibája; a standard hiba (S_{hiba}) és a függő változó mért értékei (y_i) átlagának hányadosa
HB	<i>Brinell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6506-1:2014)
HB _{etalon}	<i>Poldi</i> -kalapács etalon rúdjának <i>Brinell</i> -keménysége (kp/mm ²)
HB _{Poldi}	<i>Poldi</i> -kalapáccsal vizsgált fém <i>Brinell</i> -keménysége (kp/mm ²)
HBS	<i>Brinell</i> -keménység, ha a D átmérőjű golyó anyaga edzett acél, amelyet <i>Scholz</i> és szerzőtársai (2011) szerint „régebben” alkalmaztak; S = standard, lásd például: ASTM E 140-12b:2013. Megjegyzés: Az acélgolyóval meghatározott <i>Brinell</i> -keménységet sokszor egyszerűen <i>HB</i> jellel jelölik, lásd például: DIN 50150:2000
HBW	<i>Brinell</i> -keménység, ha a D átmérőjű golyó anyaga fényezett (polírozott) kemény fém (<i>Scholz</i> et al., 2011); W = volfrám-karbid (WC), lásd például: ASTM E 140-12b:2013, DIN 50150:2000
HC.../...	nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele (heavy concrete). A jelölés nem szabványos
HK	osztályozott homokos kavics termékek betűjele (e-UT 05.01.15:2018)
HRC	<i>Rockwell</i> -keménység a „C” skálán (MSZ EN ISO 6508-1:2016)
HV	<i>Vickers</i> -keménység (visszavont MSZ 105-12:1986, visszavont MSZ 18290-4:1982, MSZ EN ISO 6507-1:2018)
is	in situ, eredeti helyén; esetünkben index a beépített beton, illetve a beépített betonból vett minta tulajdonságainak jelében
I	inercia, inercianyomaték, tehetetlenségi nyomaték, a hajlított keresztmetszet másodrendű nyomatéka a hajlítás tengelyére
I	áramerősség
I_i	hajlítási szívósság viszonyított munkamodulusa, amelyet szívóssági indexnek neveznek, és amely az ideálisan rugalmas – tökéletesen képlékeny acélszál-erősítésű betonhoz tartozik (ASTM C 1018:1989)
$I_{\text{tényleges}}$	tényleges szívóssági index (ASTM C 1018:1989)
I_v	fényerősség ($v \rightarrow$ visual = látási)
$I_{Y,y}$	görbe alakú (nem lineáris) regressziós függvény (trendvonal) korrelációs indexe (lásd még $B_{Y,y}$)

J1, J2, J3	a lövellt beton korai nyomószilárdsági osztálya az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerint
k	folyadékok permeabilitása
k	tényező a II. típusú kiegészítőanyag cement-egyenértékének a számításához a „víz/(cement + $k \times$ kiegészítőanyag) tényező”-ben, amely utóbbit „víz-kötőanyag tényező”-nek vagy „víz-cement tényező egyenérték”-nek szokás nevezni. A „ k ” tényező értékéről a betonszabványok (például: MSZ 4798:2016, ÖNORM B 4710-1:2018) intézkednek.
k	a beton nyomószilárdsága jellemző értékének számításához használt, a beton nyomószilárdság eloszlásának ferdeségét kifejező, az átlagos nyomószilárdságtól függő tényező a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban és a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetében. Ez a 20 N/mm ² -nél kisebb szilárdságú betonok ($R_m < 20$ N/mm ²) esetén egynél kisebb szám (jobbra ferde, jobbra elnyúló, pozitív ferdeségű eloszlás), a 20 N/mm ² -nél nagyobb szilárdságú betonok ($R_m > 20$ N/mm ²) esetén egynél nagyobb szám volt (balra ferde, balra elnyúló, negatív ferdeségű eloszlás).
k	összeadandó a nyomószilárdság jellemző értékének számításához a visszavont MSZ EN 13791:2007 szabványban
k	elfogadási tényezőnek nevezett alulmaradási tényező, amelynek a szórással való szorzata az alulmaradási tágasság, azaz az átlagérték és a küszöbérték (jellemző érték) különbsége (MSZ 982:1987, MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ 5720:1993 szabvány 2. kiadása, 2003)
	Megjegyzés: Elterjedt egyéb jelölések: u a normális-eloszlás (Gauss-féle eloszlás), t a t-eloszlás (Student-féle eloszlás; Student-tényező) λ a Taerwe-féle eloszlás esetén, általánosságban pedig η . A t és a λ jelet például az MSZ 4798:2016 szabvány alkalmazza.
k	függvény alatti terület nyomatékának rendje
k	az első repedéshez tartozó lehajlás többszöröse
$k_{\text{karbonátosodási}}$	a beton acélbetétjének karbonátosodási kísérleti rozsdaterfogatnövekedési tényezője
$k_{\text{kloridkorróziós}}$	a beton acélbetétjének kloridkorróziós kísérleti rozsdaterfogatnövekedési tényezője
$k_{\text{medián}}$	medián, a sorba rendezett valószínűségi változók közül páratlan számú adat esetén a középső érték, páros számú adat esetén a két középső érték átlaga
$k_{\text{megengedett}}$	a nem megfelelő minták megengedett száma
k_{modus}	módusz, a legnagyobb (relatív) gyakorisághoz tartozó valószínűségi változó
k_{mol}	az acél, illetve betonacél elméleti, moláris rozsdaterfogatnövekedési tényezője

k_n	alulmaradási tényező ismeretlen variációs együttható (tényező) esetén az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D1. táblázata szerint; ezt az alulmaradási tényezőt (<i>Student</i> -tényezőt) és jelet alkalmazzák az MSZ EN 13791:2019 szabvány 6. táblázatában is
k_t	az α_{cc} tartós nyomószilárdsági tényező szorzója (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakasz (4) bekezdés)
k_{Ts}	légáteresztőképesség a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
k_v	az adalékanyag, a cement vagy a beton víztartóképessége (<i>Ujhelyi</i> , 1989 és 2005)
k_2	alulmaradási tényező a visszavont MSZ EN 13791:2007 szabványban
k_σ	tartós feszültségi tényező $\times$
kgf	„kilogram force” (force = erő), az erő, a súlyerő angol-amerikai mértékegysége. Azonos az m-kp-s mértékrendszer-beli kiloponddal (kp). $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = (1 \text{ kg}) \times (9,81 \text{ m/s}^2) = 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 9,81 \text{ N} \sim 10 \text{ N}$. 1 kg tömeg a Földön általában $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$ (= 1 kgf) erőt képvisel.
$k_{14/21(H)}$, $k_{12/18(H)}$, $k_{10/16(H)}$, $k_{8/14(H)}$	a beton MSZ 4798:2016 szabvány NAD 11. táblázata szerinti kopásállósági osztályának jele
K	permeabilitási együttható, áteresztőképességi együttható
K	keresztmetszeti tényező, az inercianyomaték és a hajlítás tengelyétől legtávolabb eső keresztmetszeti pont hajlítási tengelytől mért távolságának hányadosa
K	sebesség, <i>Darcy</i> -féle vízáteresztési tényező
K	portlandcementklinker, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
K	kőanyaghalmozok tölcéses kifolyási ideje (visszavont MSZ 18288/3:1978)
K	savellenállási modulus (<i>Herold</i> , 1999 in <i>Haist</i> et al., 2011)
K_{AC}	a karbonátosodási sebesség $\frac{\text{mm}}{\sqrt{\text{nap}}}$ mértékegységben (MSZ EN 12390-12:2020). A karbonátosodási sebességet karbonátosodási rátának is nevezik. Lásd még: K_N
K_B	disszociációs egyensúlyi bázisállandó
K_N	karbonátosodási sebesség, karbonátosodási együttható $[\text{mm}/\sqrt{\text{év}}]$ a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban. Lásd még: K_{AC}
K_S	disszociációs egyensúlyi savállandó
Kf-A, -B, -C, -D	zúzottkő, zúzottkavics, újrahasznosított bontott beton adalékanyagok közetfizikai csoportja (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, ÚT 2-3.710:2008 $\rightarrow$ e-UT 05.02.31:2008)
KH	kishőfejlesztésű cement (visszavont MSZ 4702-2:1997)
Kst	mész-standard, a cementklinker egyik oxidos mutatója

KZ	„különleges” zúzottkövek szemszerkezeti terméknosztályának betűjele (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009 → e-UT 05.01.14:2009, e-UT 05.01.15:2018) Megjegyzés: Általában kétszer tört, élesen osztályozott, szűk frakcióhatárú zúzottkő termékek
$lgd_{\text{átlag}}$	átlagos szemnagyság tízes alapú logaritmus, a logaritmikus várható érték (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
lgd_m	abszcisszatengely kezdőértéke tízes alapú logaritmikus beosztású abszcisszatengely esetén (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
ℓ	hosszúság, út, lehajlás, hullámhossz
ℓ	támaszköz
ℓ/n	az ℓ támaszközhöz viszonyított lehajlás szálerősítésű beton hajlító-húzószilárdságának vizsgálata során. Például $\ell = 450$ mm és $n = 150$ esetén $\ell/n = 3,0$ mm. Az n nevezetlen szám
L	kis kezdőszilárdságú kohósalakcement az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint (Low early strength blastfurnace slagcement)
L, LL	mészkő, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
L	nyúlás, jeltávolság stb. (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001)
$L(p,n,c)$	<i>Poisson</i> -féle valószínűségi eloszlásfüggvény
$\overline{L_{d_{\max}}}$	távolsági tényező a légbuborékos fagyálló és a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonban; alsó indexben a meghatározása során számításba vett legnagyobb légbuborék névleges átmérője ($d_{\max}$) mikronban kifejezve, például: $\overline{L_{750}}$
LA	kőanyaghalmozok Los Angeles aprózódási osztályának betűjele (MSZ EN 1097-2:2020, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
LC...	könnyűbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele a Model Code 2010:2012 (<i>fib</i> bulletin 65) előírásban
LC.../...	könnyűbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016 stb. szabványban
LH	kis hőfejllesztésű kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011), (LH → Low heat blastfurnace cement)
L_{UH} , $L_{\text{ultrahang}}$	az ultrahang által a betonban megtett út hossza
L300	hatékony légbuborékok mennyisége a beton térfogat%-ában kifejezve, német nyelvterületen ($L \rightarrow \text{Luftpore} = \text{légpórus, légbuborék}$)
m	tömeg
m	fagyasztási veszteség [g/m^2] a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
m	<i>Gauss</i> -féle normális-eloszlás várható értéke
m	az adalékanyag finomsági modulusa
m_A , m_B , m_C	az adalékanyag szemmegoszlási határgörbéinek finomsági modulusa
m_{Abrams}	Abrams-féle finomsági modulus; a mai felfogás szerinti finomsági modulus (m) eredeti értelmezése, a maitól eltérő szita-lyukbőségekkel

m_{lg}	adalékanyag finomsági modulusa, logaritmikus finomsági modulus; eredeti értelmezése az m_{Abrams} Abrams-féle finomsági modulus
m_{lin}, m_l	várható érték, vagy más néven a lineáris finomsági modulus az MSZ 18288-5:1981 szabvány szerint. Nem azonos az adalékanyag m finomsági modulusával
m_n	n -tagú adatsor mediánja
m_{Vpa}	legkevesebb cementpépet igénylő adalékanyag szemmegoszlásának finomsági modulus
m_x	az n elemű minta vizsgálati eredményeinek átlaga az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D7. fejezetében
m_μ	<i>Poisson</i> -féle szám, a <i>Poisson</i> -féle tényező (μ) reciproka
M	az MSZ EN 13791:2019 szabvány 7. táblázata szerinti konstans nyomószilárdsági rés (különbség, angolul: Margin, németül: Spanne), amelyet „építménybeton” nyomószilárdságok ($f_{c,is}$) legkisebbikéhez ($f_{c,is,lowest}$) hozzáadva az „építménybeton” nyomószilárdsága jellemző értékének ($f_{ck,is}$) e számítási mód szerinti alternatívája adódik: $f_{ck,is} = f_{c,is,lowest} + M$ (MSZ EN 13791:2019 szabvány (4) képlete) Ezen alternatív $f_{ck,is}$ egyenlet érvénye esetén fennáll, hogy $f_{c,is,lowest} < f_{c,m(n),is} - (k_n \times s + M)$, tehát az „építménybeton” nyomószilárdságok legkisebbike ($f_{c,is,lowest}$) az 5%-os alulmaradási tartományba ($f_{c,is,lowest} < f_{ck,is}$) esik.
M_A	adalékanyag tömege 1 m ³ bedolgozott friss betonban, kg/m ³
M_C	beton cementtartalma, a cement tömege 1 m ³ bedolgozott friss betonban; a jele néha: c , kg/m ³
M_{DE}	kőanyagalmazok mikro-Deval aprózódási osztályának betűjele (MSZ EN 1097-1:2012, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
Me^+ , illetve Me^{2+}	egy-illetve kétértékű kationok általános jelölése
M_{Ed}	hajlítónyomaték igénybevételi tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011, <i>Mihailich</i> et al., 1964)
M_{nss}	gyors módszerrel meghatározott egyirányú kloridion-vándorlásos nem állandósult állapotú kloridmigrációs együttható MSZ EN 12390-18:2021 szabvány szerinti jele. Lásd még: D_{RCM}
M_{Rd}	hajlítónyomaték teherbírasi tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011)
$M_{ütökos}$	a <i>Schmidt</i> -kalapács ütőkosának a tömege
M_V	keverővíz tömege 1 m ³ bedolgozott friss betonban, kg/m ³
$M(\xi)$	ξ valószínűségi változók várható értéke
$M(\ln x)$	x valószínűségi változók természetes logaritmusainak várható értéke
MC	kőművescement jele (MSZ EN 413-1:2011), (MC $\rightarrow$ Masonry cement)
MC(0,40), MC(0,45), MC(0,70), MC(0,75), MC(0,90)	a referencia-finombeton nyomószilárdságának jellemző értéke (küszöbértéke), ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 8 mm vagy 10 mm és a víz-cement tényező értéke 0,40; 0,45; 0,70; 0,75 vagy 0,90 (MSZ EN 1766:2017). Lásd még: C(0,40), C(0,45), C(0,70); (<i>Raupach</i> et al., 2008)

MF	a közepesen finom szemmegoszlású finom kőanyagalmazok finomsági modulus szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány B melléklete), (M → medium = közepes, F → fineness modulus = finomsági modulus)
MH	mérsékelt hőfejlesztésű cement (visszavont MSZ 4702-2:1997)
MP	a közepesen finom szemmegoszlású finom kőanyagalmazok – a 0,5 mm nyílású szitán áthullott anyagmennyiség tömegszázaléka szerinti – osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány B melléklete), (M → medium = közepes, P → passing = áthullás)
MS	kőanyagalmazok magnézium-szulfátos kristályosítási osztályának betűjele (MSZ EN 1367-2:2010, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
MS	mérsékelt szulfátálló cementek jelében szereplő betűjel (visszavont MSZ 4702-2:1997, visszavont MSZ 4737-1:2002)
MSR	mérsékelt szulfátálló cementek jelében szereplő betűjel (MSZ 4737-1:2013)
MSZ	magyar szabvány betűjele
MSZE	magyar előszabvány betűjele
MSZ EN	Magyarországon bevezetett (honosított) európai szabvány betűjele
MSZ ISO	Magyarországon bevezetett (honosított) nemzetközi szabvány betűjele
n	anyagmennyiség
$n, n^{\text{tömeg\%}}$	vízfelvétel
n	próbatetek, vizsgálati eredmények, mintavételek, vizsgálati szemnagyságok stb. száma
n	nevezetlen szám, amellyel a szálerősítésű beton hajlító-húzószilárdságának vizsgálata során az ℓ támaszközhez viszonyított ℓ/n lehajlást kifejezik. Például $\ell = 450$ mm és $n = 150$ esetén $\ell/n = 3,0$ mm.
n_{eff}	az „építménybeton” próbahengerek tényleges száma. Ha az n_{eff} tényleges próbatetszám az alulmaradási tényezők MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D1. táblázatában nem szerepel, akkor e táblázat használata során az n_{eff} értékét követő n próbatest számot kell alkalmazni (MSZ EN 13791:2019 szabvány 8.2.2. szakasz (5) bekezdése). Ilyen esetben az MSZ EN 13791:2019 szabvány intézkedése helyett <i>Stange</i> és szerzőtársai (1966) könyve C 4. táblázatának használata javasolható, amelyben a <i>Student</i> -tényezők $n = 31$ értékig minden n számra megtalálhatók.
nk°	német vízkeménység jele Magyarországon (német nyelvterületen: $^{\circ}\text{dH}$)
N	betűjel a normál kezdőszilárdságú cementek jelében, például: CEM II/A-S 42,5 N (MSZ EN 197-1:2011)
N_{yd}	folyáshatárhoz (f_y) tartozó húzóerő az acélbetétben
NH, NHK, NK	nyers homok, homokos kavics, kavics szemszemmegoszlási termékosztályinak betűjele (visszavont MSZ 18293:1979)
$\text{NH}_4\text{-N}$	ammónium-nitrogén
$\text{NO}_2\text{-N}$	nitrit-nitrogén

$\text{NO}_3\text{-N}$	nitrát-nitrogén
NZ	„nemes” zúzottkövek szemszerkezeti termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009, e-UT 05.01.15:2018) Megjegyzés: Általában kétszer tört zúzottkő termékek
OH, OK	osztályozott homok, kavics szemszemmegoszlási termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18293:1979, e-UT 05.01.15:2018)
p	nyomás, légnyomás, vízoszlopnnyomás
p	alulmaradási hányad
p	függvényegyütthatók (függvényparaméterek) száma. Előfordulására lásd például az MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képletét.
p_d	sűrűségfüggvény, ha az eloszlásfüggvény jele: P_d
p_δ	δ szerint transzformált sűrűségfüggvény
$p_{e,n}$	a $T_{n,p} = 0,5$ szívóssági tényezőhöz tartozó szívóssági egyenérték (NBN B 15-239:1992)
$p_{\text{látszólagos}}, p_L$	látszólagos porozitás
pH	hidrogénion-koncentráció (a_H) negatív logaritmus, $\text{pH} = -\log a_H$
pK_B	bázisexponens (bázisálladó-hatványkitevő)
pK_S	savexponens (saválladó-hatványkitevő)
$p(x)$	valószínűségi eloszlásfüggvény, például Gauss-féle normális valószínűségi eloszlás esetén, ha a sűrűségfüggvény jele: $p'(x)$
$p'(x)$	valószínűségi sűrűségfüggvény, például Gauss-féle normális valószínűségi eloszlás esetén, ha az eloszlásfüggvény jele: $p(x)$
$p'(\xi)$	ξ valószínűségi változó elméleti sűrűségfüggvénye
P	teljesítmény
P	természetes puccolán, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
P	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
P_d	eloszlásfüggvény, illetve a szemmegoszlási görbe, ha a sűrűségfüggvény jele: p_d
P_δ	δ szerint transzformált eloszlásfüggvény, illetve szemmegoszlási görbe
P_i	i-edik részszemhalmazhatárhoz tartozó eloszlásfüggvény érték
P_k	hipergeometrikus valószínűségi eloszlás
P_k	alulmaradási vagy felülmaradási hányad
P_T	mérési eredmények összeférésének statisztikai biztonsága
PJ	öntömörödő beton fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) vizsgálatban meghatározott átfolyási képessége osztályának betűjele (MSZ EN 12350-12:2010, MSZ 4798:2016)
PL	öntömörödő beton L-szekrényes (L-dobozos) vizsgálatban meghatározott átfolyási képessége osztályának betűjele (MSZ EN 12350-10:2010, MSZ 4798:2016)

PSV	kőanyaghalmozok csiszolódási osztályának betűjele (visszavont MSZ 18290-5:1984, MSZ EN 1097-8:2020, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018, TP Griff-StB (SRT)), (PSV → polished stone value = kőanyag csiszolódási értéke) Magyarázat: A PSV értéket az SRT-inga F-skáláján kell leolvasni. A visszavont MSZ 18290-5:1984 szabvány szerinti PKS-skála beosztása 0-tól 1-ig terjedt. Az MSZ EN 1097-8:2020 szabvány szerinti F-skálának nevezett PKS-skála beosztása 0-tól 100-ig terjed.
q_w	vízvezetőképesség a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
Q	elektromos töltés
Q	<i>SilverSchmidt</i> -kalapáccsal mért visszapattnási érték ($Q \rightarrow$ Quotiens = hányados)
Q	természetes kalcinált puccolán, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
Q	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
r	vizsgálati eredmények megengedett relatív terjedelme ismétlési feltétel esetén
r, R	sugár, például a gömbcsukló vagy a próbahenger sugara
$r_{x,y}$	<i>Pearson</i> -féle korrelációs együttható, korrelációs koefficiens
R	hővezetési ellenállás, elektromos ellenállás
R	feszültség a fém-, illetve acélpróbatestekben (MSZ EN ISO 6892-1:2020)
R	vizsgálati eredmények megengedett relatív terjedelme összehasonlítási feltétel esetén
R	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
R	betűjel a nagy kezdőszilárdságú cementek, az úgy nevezett rapidcementek jelében, például: CEM I 42,5 R (MSZ EN 197-1:2011)
R	Az 1950-es években az ajánlott szabványok jele a szabvány jelzetében (például: MSZ 15266:1952 R, MSZ 17746:1953 R)
R	csúszásbiztonság. Lásd: Probléma-Radócz-Studium-110
R, R_i	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapáccsal mért egyedi visszapattnási érték ($R \rightarrow$ rebound = Rückprall = visszapattnás)
$\overline{R}$	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapáccsal mért visszapattnási értékek átlaga
$R_{\text{cube, test}}$	beton nyomószilárdságának egyes tapasztalati értéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
R_d	a teherbírás tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011), ($d \rightarrow$ design = tervezés)
R_e	hegeszthető betonacél folyáshatárának jellemző értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007), $R_e \rightarrow f_y$ (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
$R_{e, \text{act}}$	hegeszthető betonacél folyáshatára jellemző értékek mért értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)

$R_{e,nom}$	hegeszthető betonacél folyáshatára jellemző értékének előírt értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
R_{eH}	melegen hengerelt fémek, például melegen hengerelt betonacél előírt felső folyáshatára (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ EN ISO 6892-1:2020)
R_{eHi}	melegen hengerelt fém, például melegen hengerelt betonacél próbadarabok felső folyáshatára (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; visszavont MSZ 105-1:1987)
R_{eHm}	n db melegen hengerelt fém, például melegen hengerelt betonacél felső folyáshatárának számtani középértéke (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; visszavont MSZ 105-1:1987)
R_{eL}	melegen hengerelt fémek, például melegen hengerelt betonacélok alsó folyáshatára (visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN ISO 6892-1:2020)
$R_{f,n}$	hajlító-húzószilárdság átlagértéke, amelyhez ℓ/n lehajlás tartozik, szálerősítésű beton esetén
$R_{f,r}$	hajlító-húzószilárdság az első repedésnél, szálerősítésű beton esetén
$R_{f,u}$	hajlító-húzószilárdság legnagyobb értéke, szálerősítésű beton esetén
R_h	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási értéke vízszintes ütési irány esetén
$R_{h \text{ kalibr}}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéke vízszintes ütési irány esetén
R_{kalibr}	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéke
$R_{k,cube}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_{k,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_{k,cyl}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke vegyesen tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (visszavont MSZ 4720-2:1980)
R_m	fémek, például acélok szakítószilárdsága (MSZ EN ISO 6892-1:2020)
R_m	szerkezeti acél (MSZ 500:1974; MSZ 6259:1974), melegen hengerelt betonacél (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007), hidegen alakított betonacélhuzal (MSZ 982:1987) húzószilárdságának, szakítószilárdságának jellemző értéke (visszavont MSZ 105-1:1987). $R_m \rightarrow f_{tk}$ (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
R_m	feszítőpászma névleges szakítószilárdsága (MSZ 465:1987)
$R_{m,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_{m200,nom}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
R_p	határozott folyáshatár (f_y) nélküli, hidegen alakított fémek, például acélok maradó fajlagos nyúlásához tartozó feszültség, egyezményes folyáshatár (MSZ EN ISO 6892-1:2020)

$R_{p0,2}$	határozott folyáshatár (f_y) nélküli, hidegen alakított fémek, például betonacélok előírt, terhelt állapotban mérendő egyezményes folyáshatárának jellemző értéke, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,2 (visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ 982:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007), $R_{p0,2} \rightarrow f_{0,2k}$ (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
R_r	fémek, például acélok feszültsége a terhelő erő megszűnésének pillanatában (MSZ EN ISO 6892-1:2020)
$R_{r0,2}$	fémek, például acélok előírt, terheletlen állapotban (a terhelő erő megszűnte utáni állapotban) mérendő egyezményes folyáshatára (értsd alatta a folyáshatár jellemző értékét), ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,2 (visszavont MSZ 105-1:1987)
R_t	fémek, például acélok teljes fajlagos megnyúlásához tartozó feszültség (MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($t \rightarrow$ total = teljes)
$R_{t0,5}$	hidegen alakított fémek, például hidegen alakított betonacélhuzalok előírt névleges folyáshatára (értsd alatta a folyáshatár jellemző értékét), ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,5 (MSZ 982:1987, visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{t0,5i}$	hidegen alakított fémek, például hidegen alakított betonacélhuzalok próbadarabok tényleges névleges folyáshatára, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,5 (MSZ 982:1987, visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{t0,5m}$	n db hidegen alakított fém, például hidegen alakított betonacélhuzal tényleges névleges folyáshatárának számtani középértéke, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,5 (MSZ 982:1987, visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{t1,0}$	hidegen alakított fémek, például hidegen alakított betonacélhuzalok előírt névleges folyáshatára (értsd alatta a folyáshatár jellemző értékét), ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 1,0 (MSZ 5720:1993)
$R_{\text{üllő}}$	<i>Schmidt</i> -kalapáccsal, a kalibráló üllőn mért visszapattanási értékek átlaga
$R_{v\uparrow}, R_{v\nearrow}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási értéke felfelé ($\alpha = +90^\circ$, $\alpha = +45^\circ$) történő vizsgálat esetén
$R_{v\uparrow}$ kalibr	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéke felfelé történő vizsgálat esetén
$R_{v\downarrow}, R_{v\searrow}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási értéke lefelé ($\alpha = -90^\circ$, $\alpha = -45^\circ$) történő vizsgálat esetén
$R_{v\downarrow}$ kalibr	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási értéke lefelé történő vizsgálat esetén
$R_{Y,y}$	egyenes alakú (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) korrelációs együtthatója (lásd még $B_{Y,y}$)
$R_{5,10}$, illetve $R_{10,20}$	maradék szívóssági index (ASTM C 1018:1989)
R_{200}	beton nyomószilárdsága vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán meghatározva (visszavont MSZ 4715-4:1972)
$R_{200,\text{test}}$	beton 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdságának általában roncsolásmentes vizsgálat eredményéből számított, egyedi, tapasztalati értéke (visszavont MSZ 4715-4:1972)

Ra	újrahasznosított betonadalékanyagok bitumenes szemtartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rb	újrahasznosított betonadalékanyagok téгла-, cserép-, gázbeton- (pórusbeton-), mészhomoktégla-tartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rc	újrahasznosított betonadalékanyagok beton- és habarcstartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rcu	újrahasznosított betonadalékanyagok kötetlen, természetesen kötött és hidraulikusan kötött szemek mennyisége szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rg	újrahasznosított betonadalékanyagok üvegtartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
R20	ISO 565:1990 szabvány szerinti szitasorozat jele, amelynek nyílásai 0,063 mm és 125 mm között 1,122 arányban emelkednek (MSZ EN 12620:2002+A1:2008) Az FprEN 933-2:February 2020 szabványtervezet az R20 szitasorozatot részletezve tartalmazza
s	adalékanyag szem szélessége (a három befoglaló méret közül a középső)
s	tapasztalati szórás vagy korrigált tapasztalati szórás, több esetben a „korrigált” és/vagy „tapasztalati” jelző elhagyásával
s	a cement fajtájától függő együttható, amely a szilárdulási idő tényezőt befolyásolja
s	az „építménybeton” nyomószilárdságának „összes szórása”, amely az s_c és s_e szórás négyzetösszegének négyzetgyöke (MSZ EN 13791:2019 szabvány (6) képlete)
s_c	a monolit vagy előregyártott szerkezeti elem roncsolásmentes vizsgálattal meghatározott beton-nyomószilárdságának és az „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerrel meghatározott nyomószilárdságának ($f_{c, is}$) összefüggését leíró – kétegyütthatós (kétparaméteres) – regressziós függvény standard hibája, amelyet abszolút hibának is neveznek (MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képlete)
$s_{cube, H, test, t}$	t korú beton nyomószilárdságának tapasztalati szórása, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
s_e	a monolit vagy előregyártott szerkezeti elem m számú érvényes roncsolásmentes vizsgálattal mért, regressziós egyenlettel átszámított $f_{c, is, reg}$ nyomószilárdsági értékeinek szórása, ha az érvényes roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálati eredmények átlaga: $f_{c, m(m), is}$ (MSZ EN 13791:2019 szabvány (7) képlete)
s_{fis}	fűrt magmintákból kivágott beton próbahengerek nyomószilárdságának szórása (visszavont MSZ EN 13791:2007)

$S_{is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas, t korú betonból fűrt magminták légszáraz állapotban meghatározott nyomószilárdságának szórása; $S_{is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, t} = S_{cube, H, test, t}$ (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$S_{is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, vizes, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas, t korú betonból fűrt magminták vízzel telített állapotban meghatározott nyomószilárdságának szórása; $S_{is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, vizes, t} = S_{cube, test, t}$ (visszavont MSZ EN 13791:2007)
S_l, S_t	kéregvasalás (védővasalás, védőháló) nyílása, lyukbősége
$S_{min, cyl}$	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengeren mért nyomószilárdság előírt legkisebb szórása
S_n	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengeren mért n számú egymást követő – adott korú – nyomószilárdság vizsgálati eredmény korrigált tapasztalati szórása (MSZ 4798:2016)
S_n	n számú vizsgálati eredmény tapasztalati (empirikus) szórása (az n index a hibanégyzetösszeg osztójára utal)
S_{n-1}	n számú vizsgálati eredmény korrigált tapasztalati (empirikus) szórása (az $n-1$ index a hibanégyzetösszeg osztójára utal)
S_r	vizsgálati eredmények megengedett relatív szórása ismétlési feltétel esetén
S_R	vizsgálati eredmények megengedett relatív szórása összehasonlítási feltétel esetén
S_{rel}	relatív szórás, amelyet variációs tényezőnek vagy variációs együtthatónak is neveznek (nem tévesztendő össze a varianciával)
S_x	a σ elméleti szórás becsült értéke az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
$S_{\delta f}$	δf nyomószilárdság különbségek szórása (visszavont MSZ EN 13791:2007)
S	vasbeton és feszített vasbeton építmények szerkezeti osztályának betűjele (MSZ EN 1992-1-1:2010)
S	útbetonok hasító-húzószilárdsági osztályának betűjele (MSZ EN 13877-1:2013)
S	granulált kohósalak, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
S	a szulfátállóság jele a visszavont MSZ 4702:1956 szabványban (S 54 portlandcement), és a szulfátállóság, illetve a mérsékelt szulfátállóság jele a visszavont MSZ 4702-4:1982 szabványban (S -54 jelű szulfátálló portlandcement és S -100 jelű mérsékelt szulfátálló portlandcementek); S = speciál (<i>Biczók</i> , 1956)
S	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
S	roskadási mértékkel kifejezett betonkonzisztencia osztály betűjele
S_{hiba}	a korrelációs függvény standard (abszolút) hibája, $S_{hiba} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{f}}$, ahol y_i az i -edik, az adott x_i -hez tartozó mért érték; Y_i az ugyanazon x_i -hez tartozó, a korrelációs függvényből számított érték; n a mérési eredmények száma; f a regressziós függvény szabadságfoka

SB	bazalt adalékanyagok napszúrással szembeni ellenállás szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 1367-3:2001, e-UT 05.01.15:2018), (napszúrásos bazalt $\approx$ kokkolitos bazalt)
SC	durva kőanyagalmaz termékek kagylóhéjtartalmi osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
SC	útbetonok fűrt magmintából kialakított próbahengereken meghatározott hasító-húzószilárdsági osztályának betűjele, (MSZ EN 13877-2:2013), (S $\rightarrow$ splitting = hasító, C $\rightarrow$ core = magminta)
SF	Öntömörödő beton roskadási területtel kifejezett konzisztencia-osztályának betűjele (MSZ EN 12350-8:2019, MSZ 4798:2016)
SI	zúzottkő, zúzottkavics, újrahasznosított bontott beton adalékanyagok szemalak tolómérővel meghatározott szemalaktényezője (visszavont MSZ 18288-3:1978, MSZ EN 933-4:2008, visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (S $\rightarrow$ shape = alak, I $\rightarrow$ index)
SM	cementek szilikát-modulusa
SR	szulfátálló cementek jelében szereplő betűjel (MSZ EN 197-1:2011), (SR $\rightarrow$ sulphate-resistant = szulfátálló)
SR	Öntömörödő beton szétoosztályozódási hajlama osztályának betűjele (MSZ EN 12350-11:2010, MSZ 4798:2016)
SRT-inga	eszköz a kőanyagok csiszolódásának, felületi érdességének mérésére (visszavont MSZ 18290-5:1984, MSZ EN 1097-8:2020, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, TP Griff-StB (SRT))
SS	kőanyagalmazok vízzoldható szulfáttartalmát kifejező osztály betűjele (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
SZ	kőanyagalmazok mozsaras ütőszilárdsági osztályának betűjele (MSZ EN 1097-2:2020, MSZ EN 12620:2002+A1:2008)
S 54, S-54	Magyarországon 1937-től 1997-ig (az MSZ 4702-2:1997 szabvány érvénybe léptéig) gyártott, $AM \leq 0,7$ alumínát-modulusú szulfátálló portlandcement jele (visszavont MSZ 4702:1956, visszavont MSZ 4702-4:1982)
S-100	Magyarországon a visszavont MSZ 4702-2:1981 szabvány érvénye alatt (1982-1997) gyártott, $AM \leq 1,0$ alumínát-modulusú mérsékelt szulfátálló portlandcement jele (visszavont MSZ 4702-4:1982)
t	idő
t, t_n	<i>Student</i> -tényező, az alulmaradási tényező a t -eloszlás esetén, ahol n a mintaszámra utal (MSZ 4798:2016, visszavont MSZ 256-2:1973)
tg	tangens függvény
t_{rel}	ernyedési (relaxációs) idő
t_T	hőmérséklet befolyásolta helyettesítő időtartam
$t_{ultrahang}$	idő, amely alatt az ultrahang az $L_{ultrahang}$ hosszúságú utat a betonban megteszi
t_v	öntömörödő beton tölcserés kifolyási (V-funnel) ideje ((MSZ EN 12350-9:2010, MSZ 4798:2016)

t_0	tartós terhelés kezdeti időpontja, azaz a beton kora a tartós terhelés kezdetén
t_{500}	öntömörődő beton roskadási terület vizsgálata során az 500 mm-es átmérő eléréséhez szükséges folyási idő ((MSZ EN 12350-8:2019, MSZ 4798:2016)
T	hőmérséklet
T	mérési eredmények terjedelme (visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezete, melléklet)
T	törőgép gömbcsuklója alatti nyomólap vastagsága (ASTM C 39:1972)
T	égetett pala, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
T_b	friss beton hőmérséklete
T_i	szálerősítésű beton idealizált lehajlás-hajlítóerő diagramja alatti részterület (ASTM C 1018:1989)
$T_{n,p}$	szívóssági tényező (NBN B 15-239:1992)
T_z , ábra	z-edik ábrán jelölt terület
T_δ	P_δ transzformált eloszlásfüggvény alatti terület
T_δ	az első repedéshez tartozó lehajlással határolt, erő-lehajlás görbe alatti terület
TH, THK	természetes szemmegoszlású homok, homokos kavics szemszemmegoszlási termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18293:1979)
TT	cementek mésztelítési tényezője vagy mésztelítettség
u	atomi tömegegység (ATE), vagy dalton (Da) a ^{12}C atom (a szén legstabilabb izotópja) tömegének egytizenketted része: $1\text{ u} \approx 1,6605402 \times 10^{-27}\text{ kg} = 1/N_A\text{ gramm} = 1/1000\text{ }N_A$, ahol N_A az Avogadro-szám
$u = a_i$	teherviselő acélbetét tengelyének a névleges távolsága a beton felületétől
u_β	a normális-eloszlás β_2 valószínűséghez (megbízhatósági szinthez, konfidenciaszinthez) tartozó kvantilise, amelyet a mérnöki gyakorlatban általában alulmaradási tényezőnek nevezünk
U	elektromos feszültség
U	hőátbocsátási tényező
U	adalékanyag egyenlőtlenségi együtthatója
$U_{60/10}$	az adalékanyag szemmegoszlási görbéje 60 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{60}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{10}) hányadosaként az építési kőanyagok szemmegoszlásjellemzőinek MSZ 18288-5:1981 szabványa szerint kiszámított egyenlőtlenségi együttható

$U_{70/10}$	az adalékanyag szemmegoszlási görbéje 70 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{70}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{10}) hányadosaként a MÉASZ ME-04.19:1995 beton és vasbeton készítési műszaki előírás 3.2.1.1.5. szakasza szerint kiszámított <i>Ujhelyi</i> -féle egyenlőtlenégi együttható
v	adalékanyag szem vastagsága (a három befoglaló méret közül a legkisebb)
v_a	adalékanyag vízigénye (<i>Ujhelyi</i> , 1989 és 2005)
v_c	cement vízigénye (<i>Ujhelyi</i> , 1989 és 2005)
v_{ef}	szerkezeti elem hatásos vastagsága, szerkezeti elem elméleti vastagsága
v_{kiind}	kiindulási friss beton víztartalma (keverővíztartalma)
v_L , $v_{ultrahang}$	ultrahang terjedési sebessége ($v_L = L_{ultrahang}/t_{ultrahang}$)
$v_{ütés}$	<i>SilverSchmidt</i> -kalapács ütőkosának ütési sebessége
$v_{visszapattanás}$	<i>SilverSchmidt</i> -kalapács ütőkosának visszapattanási sebessége
$(v/c)_{eq}$	„víz-kötőanyag tényező”, „víz-cement tényező egyenérték”
$v_{z50(H)}$, $v_{z35(H)}$, $v_{z20(H)}$	a beton MSZ 4798:2016 szabvány NAD 5. táblázata szerinti vízzárósági osztályának jele
V	térfogat
V	Vebe-idővel kifejezett betonkonzisztencia osztály betűjele (a Vebe konzisztencia osztályok az MSZ 4798:2016 betonszabványban már nem szerepelek)
V	$V = s/m = \text{szórás/átlag}$, a relatív szórás (variációs tényező, variációs együttható) jele, amely helyett inkább a V_x jelet szokás használni (MSZ EN 1990:2011 Eurocode)
V	savas jellegű pernye, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
V_A	adalékanyag szemének térfogata 1 m ³ bedolgozott friss betonban, liter/m ³
V_C	cementszemek térfogata 1 m ³ bedolgozott friss betonban, liter/m ³
V_{pa}	adalékanyag pépigénye, liter/(betömörített adalékanyag m ³)
V_{p0}	adalékanyag pépigényének jele <i>Ujhelyi</i> (1989 és 2005) tanulmányaiban ($V_{p0} \equiv V_{pa}$)
V_x	$V_x = s_x/m_x$ az x független változó relatív szórása, variációs tényezője, variációs együtthatója (MSZ EN 1990:2011 Eurocode)
V_V	keverővíz térfogata 1 m ³ bedolgozott friss betonban, liter/m ³
V_L	friss beton levegőtartalma, liter/m ³
VLH	nagyon kis hőfejlesztésű különleges cement (Very low heat special cement), (MSZ EN 14216:2015)
VS	öntömörödő beton t_{500} időhöz tartozó viszkozitási osztályának betűjele (MSZ 4798:2016)
W	munka, energia, hőenergia
W	bázikus jellegű pernye, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
W	víztartalom (e-Ut 05.01.15:2018)

W_n	standardizált terjedelem (ω) eloszlásfüggvénye
W_p	a p alulmaradási hányadhoz tartozó elfogadási valószínűség
WA_{24}	24 órás vízfelvétel (e-Ut 05.01.15:2018)
W_{CaO}	→ weight of CaO in dehydrated sample a pernye szabad mésztartalmának (szabad CaO-tartalmának) tömeg%-ban kifejezett mennyisége a kiszáritott pernyemintában (MSZ EN 451-1:2017)
WO, WF, WA, WS	Nedvességi osztály az alkáli reakcióval (alkálifém-oxid reakcióval) kapcsolatban (DIN 1045-2:2008)
x	az $f(x)$ függvény független változója
x	semleges tengely helye a hajlított keresztmetszetben
x	víz-cement tényező
x_{c0}	a nyomófeszültség-diagram magassága
x_{eq}	víz-cement tényező egyenérték, víz-kötőanyag tényező
$x_{i,cor}$	beépített, megszilárdult monolit beton vagy előregyártott elem azon roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálati eredménye az i mérési helyen (mérési ponton), amelyet az $f_{c, is, reg}$ átszámított nyomószilárdságnak – a korrelációs függvénnyel való – meghatározásába bevonnak (MSZ EN 13791:2019)
$x_{kötőanyag}$	víz-kötőanyag tényező, víz-cement tényező egyenérték
$x_{levegő}$	levegő-cement tényező
x_{max}	megengedett legnagyobb víz-cement tényező
x_{mod}	módusz, a legnagyobb (relatív) gyakorisághoz tartozó valószínűségi változó
$\tilde{x}_{0,5}$	medián, a sorba rendezett valószínűségi változók közül páratlan számú adat esetén a középső érték, páros számú adat esetén a két középső érték átlaga
x_{y0}	a semleges tengelynek a nyomott szélső száltól való távolsága (<i>Mihailich</i> et al., 1964)
x_0	földnedves konzisztenciájú beton <i>Palotás</i> -féle alap víz-cement tényezője (redukált víz-cement tényezőnek is nevezik)
x_0	az „építménybeton” azon roncsolásmentes vizsgálattal meghatározott nyomószilárdságainak egyike, amelyre az építmény szerkezeti eleme nyomószilárdságának statikai értékeléshez szükség van (MSZ EN 13791:2019)
$\bar{x}$	beépített, megszilárdult monolit beton vagy előregyártott elem azon m számú roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálati eredményének átlaga, amelyet az $f_{c, m(m), is}$ átszámított átlagos nyomószilárdságnak – a korrelációs függvénnyel való – meghatározásához felhasználnak (MSZ EN 13791:2019)
$\overline{x_n}$	n -tagú adatsor átlagértéke
X	valószínűségi változó

X	újrahasznosított betonadalékanyagok agyag, fém, fel nem úszó, fa, műanyag, gipsz darabok mennyisége szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
X_d	az anyagjellemző tervezési értéke az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
X_p	a p alulmaradási hányadhoz tartozó valószínűségi változó
$X!$	X faktoriális: $1 \times 2 \times 3 \times \dots \times X = X!$
X0...	környezeti osztály azon esetekben, ha nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
X0b...(H)	környezeti osztály vasalatlan beton esetén, ha nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
X0v...(H)	környezeti osztály gyengén vasalt beton (nem vasbeton!) esetén, ha a karbonátosodáson kívül nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
XA... és XA...(H)	környezeti osztály agresszív talaj, talajvíz, felszíni természetes víz, egyéb agresszív víz és folyadék okozta kémiai korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes chemical attack, $A \rightarrow$ attack = támadás)
XBSK	biogén kénsav okozta korrózió ellenálló betonok környezeti osztálya a DWA-M 211:2008 műszaki irányelvben, (Expositionsklasse für biogene Schwefelsäurekorrosion)
XC...	környezeti osztály karbonátosodás okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes carbonation, $C \rightarrow$ carbonation = karbonátosodás)
XD...	környezeti osztály a nem tengervízből származó kloridok okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes deicing, $D \rightarrow$ deicing = jégtelenítő). Megjegyzés: Nem csak a jégtelenítő sók, hanem mindennemű, nem tengervízből származó só (klorid) hatása alatt álló vasbetonra, feszített vasbetonra, acélszál-erősítésű betonra vonatkozik.
XF... és XF...(H)	környezeti osztály a fagyás-olvadás okozta károsodás kockázata esetén, fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes freezing, $F \rightarrow$ freezing = fagyasztás)
XK...(H)	környezeti osztály koptatás esetén, kopásálló betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016), ($K \rightarrow$ kopásálló)
XM...	környezeti osztály koptatás esetén a német DIN 1045-2:2008 szabványban, az osztrák ÖNORM B 4710-1:2018 szabványban, és egyéb német, osztrák előírásokban
XN...(H)	környezeti osztály szilárdsági szempontból alárendelt beton (C8/10) esetén, ha nincs korróziós veszély vagy korróziós hatás (MSZ 4798:2016)
XRg	újrahasznosított betonadalékanyagok agyag, fém, fel nem úszó, fa, műanyag, gipsz és üveg darabok mennyisége szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)

XS...	környezeti osztály a tengervízből származó kloridok okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016), (Exposure classes chlorides from sea water, $S \rightarrow$ sea water = tengervíz)
XV...(H)	környezeti osztály talajnedvesség vagy víznyomás esetén, vízzáró betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018, MSZ 4798:2016/4M:2023), ($V \rightarrow$ vízzáró)
y	az $f(x)$ függvény függő változója
Y	hidegen húzott feszítőhuzal és feszítőpászma jele (prEN 10138-1:2000, prEN 10138-2:2000, prEN 10138-3:2000, E DIN EN 10138-1:2000, E DIN EN 10138-2:2000, E DIN EN 10138-3:2000)
Y_H	határigénybevétel
Z	fém-, illetve acélpróbatestek keresztmetszet-csökkenése (kontrakció), (visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN ISO 6892-1:2020)
Z	zúzottkövek szemszerkezeti termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009, e-UT 05.01.15:2018) Megjegyzés: Általában egyszer tört zúzottkő termékek
ZH, ZHK, ZK	homokból, homokos kavicsból, kavicsból tört termékek betűjele (visszavont MSZ 18293:1979, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009, e-UT 05.01.15:2018)
α	hőtágulási együttható, hőátadási tényező
α	<i>Schmidt</i> -kalapácsos ütés irányának hajlásszöge
α	a σ - ε ($\sigma = E \times \varepsilon$) görbe érintőjének hajlásszöge, amelynek tangense (iránytangense) a rugalmassági modulus: $E = \tan \alpha = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon$. (Ez az α hajlásszög nem azonos a papíron lerajzolt háromszög alaphosszán fekvő hegyes szög ott lemerített értékével.)
α_0	a σ - ε ($\sigma = E \times \varepsilon$) görbe arányossági határ alatti lineáris szakaszának a hajlásszöge, amelynek iránytangense a kezdeti rugalmassági modulus ($E_0 = \tan \alpha_0 = \sigma / \varepsilon_{\text{rug}}$)
α_{add}	k -értékkel (hatékonysági tényezővel) számításba vehető legnagyobb II. típusú kiegészítőanyag-keveréktartalom és a <i>cementtartalom</i> hányadosa (például az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján), (add $\rightarrow$ additive = kiegészítő)
α_{cc}	beton σ_{cu} nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakasz (1)P bekezdés és NA2.2.1. szakasz)
β	hőtágulási együttható
β	megbízhatósági index (MSZ EN 1990:2011), valószínűség, megbízhatósági szint, konfidenciaszint
β	a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány szerinti, a szerkezet betonjának szilárdsága és a próbatest visszavont MSZ 4715-4:1987 szabvány szerinti szilárdsága közötti eltérést figyelembe vevő $\beta = 1,15$ értékű tényező,

	amellyel a beton az in situ, a szerkezeten meghatározott jellemző értékét meg szabad volt szorozni
β_{add}	k -értékkel (hatékonysági tényezővel) számításba vehető legnagyobb II. típusú kiegészítőanyag-keveréktartalom és a <i>hatékony kötőanyagtartalom</i> (c_{ekv}) hányadosa (osztrák szakirodalomban és az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány alapján), (add $\rightarrow$ additive = kiegészítő); lásd még: δ_{add}
β_{wM}	az egyedi (egyes) próbakocka sorozatok (szériák) átlagos nyomószilárdsága Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata)
β_{wN}	„névleges nyomószilárdság” („Nennfestigkeit”, „Nenndruckfestigkeit” vagy „Nennwert”), az egyedi (egyes) β_{w28} átlagos nyomószilárdságok legkisebbike, amely a 28 napos beton 5%-os alulmaradási hányadú jellemző értéke (tehát küszöbértéke) Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata). Például a $\beta_{wN} = 350 \text{ kp/cm}^2$ „névleges nyomószilárdságú” beton nyomószilárdsági osztálya Bn 350
β_{wS}	az egyedi (egyes) próbakocka sorozatok (szériák) átlagos nyomószilárdságainak (β_{wM}) legkisebbike Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata)
β_{w28}	a 28 napos korú, vegyesen tárolt, 200 mm méretű beton próbakockákon meghatározott nyomószilárdságok átlagértéke Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata). Előfordul, hogy az indexben lévő számérték a névleges szilárdságú próbakocka cm-ben kifejezett méretére utal, például: β_{w20}
$\beta(f_{cm,cyl})$	a beton nyomószilárdságának a kúszási tényező φ_0 alapértékére gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező
$\beta(t_0)$	a beton megterhelés időpontjában érvényes korának a φ kúszási tényező φ_0 alapértékére gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező
$\beta_{cc}(t), \beta_{cc}(t_0), \beta_c(t, t_0)$	szilárdulási idő tényező, például a kúszásnak az első megterhelés idejétől (t_0) számított időbeli lefolyását leíró tényező
$\beta\text{-C}_2\text{S}$	belit, a dikalcium-szilikát (C_2S) β -módosulata, cementklinker ásvány
γ	fajlagos torzulási szögváltozás
γ_{add}	cementtartalom és a <i>hatékony kötőanyagtartalom</i> hányadosa (osztrák szakirodalomban az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány alapján)
γ_C	beton σ_{cu} nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint)
$\gamma_{C,red4}$	csökkentett biztonsági tényező (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint)
γ_m	az anyagjellemző biztonsági (parciális) tényezője az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
$\gamma_1 = \gamma_{skewness}$	ferdeségi együttható (skewness = ferdeség)
$\gamma_2 = \gamma_{kurtosis}$	lapultsági együttható (kurtosis = csúcsosság)
Γ	Gamma-függvény
δ	páravezetési tényező, páradiffúziós tényező

δ	d szemmagyságnak a szemmegoszlási jellemzőkkel arányosan transzformált értéke
δ	betongerenda első repedéshez tartozó lehajlása
δ_{add}	k -értékkel (hatékonysági tényezővel) számításba vehető legnagyobb II. típusú kiegészítőanyag-keveréktartalom és a <i>hatékony kötőanyagtartalom</i> (c_{ekv}) hányadosa (osztrák szakirodalomban és az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány alapján), (add $\rightarrow$ additive = kiegészítő), lásd még: β_{add}
$\delta f = f_{\text{is}} - f_{\text{R}}$	fűrt, csiszolatlan nyomott felületű magminta próbahenger nyomószilárdsága tapasztalati értékének és a roncsolásmentes szilárdság vizsgálat becslő összfüggésből meghatározott nyomószilárdságnak a különbsége (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$\delta f_{\text{m(n)}}$	δf nyomószilárdság különbségek n számú vizsgálati eredményből számított átlaga (visszavont MSZ EN 13791:2007)
δ_{F_L}	a fémzsal-erősítésű betonok hajlító-húzószilárdság mérésével foglalkozó MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerint a bemetszett próbahasábnak az $f_{\text{ct,L}}^f$ arányossági határhoz (angol rövidítése: LOP) tartozó, legfeljebb 0,08 mm értékű lehajlása
δ_T	relatív testsűrűség
δ_{Tyler}	szita lyukbőrség hányados a Tyler-féle szitasorozatban
Δc	megengedett eltérés az előírt névleges betonfedéstől (c_{nom} -tól), amelynek pozitív értéke: $\Delta c_{\text{(plusz)}}$, és negatív értéke: $\Delta c_{\text{(mínusz)}}$
Δc_{dev}	kötelező ráhagyás (deviation = eltérés) az előírt legkisebb betonfedésre, az előírt névleges betonfedés (c_{nom}) és az előírt legkisebb betonfedés (c_{min}) különbsége, $\Delta c_{\text{dev}} = c_{\text{nom}} - c_{\text{min}}$
$\Delta c_{\text{dur,add}}$	bevonattal ellátott beton előírt legkisebb betonfedését (c_{min}) csökkentő összetevő, a „dur” index a tartósságra „durability”, az „add” index a kiegészítő védelemre „additional protection” utal
$\Delta c_{\text{dur,st}}$	korrozóálló acélok alkalmazása esetén az előírt legkisebb betonfedést (c_{min}) csökkentő összetevő, st = stainless = rozsdamentes
$\Delta c_{\text{dur,\gamma}}$	betonfedés kiegészítő biztonsági összetevő (többször). Értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány NA13.3. szakasza szerint $\Delta c_{\text{dur,\gamma}} = 0$ mm
Δc_{Opfer}	Betonfedéspalást
$\Delta f = \delta f_{\text{m(n)}} - k_1 \times s_{\delta f}$	δf nyomószilárdság különbségek jellemző értéke, amellyel a roncsolásmentes vizsgálat nyomószilárdság becslő alapösszefüggését általában felfelé el kell tolni (visszavont MSZ EN 13791:2007)
Δl_s	szulfátállósági hosszáltozás a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
Δl_v	alulmaradási tágasság (Kausay, 2006), (lv $\rightarrow$ lead value)
ΔR_{α}	Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat esetén a nehézségi erő hatása a visszapattanási értékre (α = az ütésirány szöge)
Δs	a rugónak az $F_{\text{rugó}}$ lineáris rugóerő által létrehozott hosszváltozása
Δs_{LA}	kőanyagghalmazok Los Angeles aprózódási veszteségének változása fagyasztás hatására, a nem fagyasztott kőanyagghalmaz Los Angeles aprózódási veszteségének százalékában (MSZ EN 1367-1:2007)
$\Delta s_{\text{ütés}}$	Schmidt-kalapács megfeszített ütőrugójának a megnyúlása

$\Delta S_{\text{visszapattanás}}$	<i>Schmidt</i> -kalapács visszapattanó ütőkosának útja
$\Delta \nu_{\text{Cs}}$	a cézium-133 izotóp másodpercenkénti rezgésszáma ($\Delta \nu_{\text{Cs}} = 9.192.631.770 \text{ Hz}$)
ε	fajlagos lineáris alakváltozás
$\varepsilon_{\text{alap}}$	alapkúszás
ε_{b}	beton fajlagos törési összenyomódása
ε_{bH}	beton fajlagos húzási alakváltozása
$\varepsilon_{\text{c}}, \varepsilon_{\text{kúszás}}$	kúszás ($c \rightarrow \text{creep} = \text{kúszás}$)
$\varepsilon_{\text{cc}}(\infty, t_0)$	a t_0 időponttól működő $\sigma_{\text{c,cyl}}$ tartós feszültség hatására jelentkező fajlagos alakváltozás t_{∞} időben számításba veendő végértéke (kúszási határ), (MSZ EN 1992-1-1:2010)
ε_{cu}	beton fajlagos törési összenyomódása (MSZ EN 1992-1-1:2010)
ε_{f}	acél fajlagos folyási alakváltozása
ε_{h}	hossz irányú fajlagos hosszváltozás
ε_{k}	keresztirányú fajlagos hosszváltozás
$\varepsilon_{\text{kúszás}}, \varepsilon_{\text{c}}$	kúszás
$\varepsilon_{\text{kúszás,m}}$	kúszás maradó része
$\varepsilon_{\text{kúszás,r,utóhatás}}$	kúszás rugalmas utóhatása
ε_{m}	maradó fajlagos alakváltozás
ε_{p}	fémek, például acélok egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlása terhelt állapotban (MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($p \rightarrow \text{plastic} = \text{itt „maradó”-t jelent}$). Lásd még: A_{p}
ε_{r}	fémek, például acélok egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlása terheletlen állapotban (MSZ EN ISO 6892-1:2020). Lásd még: A_{r} Magyarázat: a σ - ε görbe íves tehermentesítési ága metszi ki az ε tengelyen
ε_{rug}	rugalmas fajlagos alakváltozás
ε_{s}	betonacél fajlagos húzási alakváltozása, fajlagos nyúlása
$\varepsilon_{\text{száradási}}$	száradási kúszás
ε_{t}	fémek, például acélok névleges folyáshatárhoz tartozó teljes nyúlása terhelt állapotban (MSZ EN ISO 6892-1:2020), ($t \rightarrow \text{total} = \text{teljes}$)
ε_{t}	tartós fajlagos alakváltozás
$\varepsilon_{\text{t,m}}$	tartós fajlagos alakváltozás maradó része
$\varepsilon_{\text{t,m},\infty}$	tartós fajlagos alakváltozás maradó részének végértéke
$\varepsilon_{\text{t,r}}$	tartós fajlagos alakváltozás rugalmas része
$\varepsilon_{\text{teljes}}$	teljes fajlagos alakváltozás, a rugalmas (ε_{rug}) és a maradó fajlagos alakváltozás (ε_{m}) összege, $\varepsilon_{\text{teljes}} = \varepsilon_{\text{rug}} + \varepsilon_{\text{m}}$
ε_{u}	hegeszthető betonacél teljes nyúlása a legnagyobb terheléskor (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
ε_{zs}	zsugorodás
ε_{yd}	betonacél fajlagos folyási alakváltozása (MSZ EN 1992-1-1:2010), (<i>Mihailich</i> et al., 1964)

ε_0	terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás
$\varepsilon_{0,m}$	terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás (ε_0) maradó része
$\varepsilon_{0,r}$	terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás (ε_0) rugalmas része, pillanatnyi rugalmas alakváltozás
ε – σ görbe	feszültség-alakváltozási diagram. A gyakorlatban általában σ – ε görbének nevezik
γ	fajsúly, térfogatsúly, halmazsúly
γ_s	betonacél biztonsági tényezője (MSZ EN 1992-1-1:2010), (<i>Mihailich et al.</i> , 1964)
$\kappa_{\text{Poldi},D}$	fémek keménységének <i>Poldi</i> -kalapácsos arányszáma, ha a <i>Poldi</i> -kalapács acélgolyójának átmérője D mm ($\kappa_{\text{Poldi},D} = \text{HB}_{\text{Poldi}}/\text{HB}_{\text{etalon}} = h_{\text{etalon}}/h_{\text{fém}}$)
ξ	valószínűségi változó
ξ_{sta}	standardizált valószínűségi változó, a ξ valószínűségi változó standardizáltja
ξ_0	a nyomott szélső száltól való távolságok hányadosa ($\xi_0 = x_{y0}/d_y$), (<i>Mihailich et al.</i> , 1964)
ξ_{c0}	a nyomófeszültség-diagram magasságának (x_{c0}) és az acélbetét hatásvonal és a nyomott szélső szál közötti távolság (d_y) hányadosa ($\xi_{c0} = x_{c0}/d_y$), (<i>Mihailich et al.</i> , 1964)
η	viszkózitás, dinamikai viszkózitás, belső súrlódási tényező
η	az alulmaradási tényező (például u , t , λ) jele általánosságban
η	a beton nyomófeszültségének MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti γ_c biztonsági tényezőjét csökkentő tényező, amelyet akkor szabad alkalmazni, ha a beton szilárdságát a megvalósult szerkezeten vagy szerkezeti elemen kísérlettel (vizsgálattal) határozzák meg. Ajánlott legkisebb értéke: $\eta = 0,85$
η_d	a vizsgálati eredmények átszámítási tényezőjének tervezési értéke az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
λ	exponenciális-eloszlás meghibásodási tényezője
λ	hővezetési tényező
λ	nyújtási tényező
λ	szakadási nyúlás
λ, λ_n	<i>Taerwe</i> -féle eloszlás alulmaradási tényezője, ahol n a mintaszámra utal
$\mu = \mu\text{m}$	mikrométer, mikron, $1 \mu = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$
μ	beton nyomószilárdságának elméleti (valószínűségi) várható értéke (átlagértéke)
μ	<i>Poisson</i> -féle tényező, <i>Poisson</i> -féle haránt alakváltozási tényező, $\mu = \varepsilon_k/\varepsilon_h$
μ	folyadékok permeabilitása
$\mu_{\text{alsó}}, \mu_{\text{felső}}$	a megbízhatósági tartomány (konfidencia intervallum) alsó, illetve felső határa
μ_k	p_s sűrűségfüggvény alatti területnek a várható érték függőlegesére vett k -adrendű centrális nyomatéka (momentuma):

	$\mu_k = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^k \times f(x) \cdot dx$
$\mu_{\text{terjedelem}}$	konfidencia-terjedelem, konfidencia intervallum, megbízhatósági tartomány
μ_2	p_δ sűrűségfüggvény alatti területnek a várható érték függőlegesére vett másodrendű centrális nyomatéka (momentuma)
μ_3	az x valószínűségi változónak az átlagérték függőlegesére vett harmadik centrális nyomatéka (momentuma)
$\mu_{\text{ts}} = F_{\text{tap}}/F_{\text{nyomó}}$	tapadási súrlódási tényező
v	kinematikai viszkozitás
v	relatív szórásnak (variációs tényezőnek, variációs együtthatónak) főképp a régebbi irodalomban olykor használt jele, amely helyett ma az s_{rel} vagy V_x jelölést használjuk
$v_0=1$	p_δ sűrűségfüggvény alatti terület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
v_{-1}	p_δ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett (-1)-rendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$v_1 = \Psi_0$	p_δ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett elsőrendű nyomatéka, amely egyenlő a P_δ eloszlásfüggvény feletti területtel (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
v_2	p_δ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett másodrendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
v_k	p_δ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett k-adrendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\emptyset$	feszítőacél vagy kábelcsatorna átmérője
$\emptyset_n = d_{sv}$	acélbetétköteg vagy feszítópászma vagy kábelcsatorna egyenértékű (helyettesítő) átmérője
$\emptyset_p = d_p$	feszítőacél tényleges átmérője
$\emptyset_s = d_s$	húzott acélbetét, illetve betonacél névleges átmérője
$\emptyset_{\text{st}}$	acélkengyel névleges átmérője
Π	számsor tagjainak szorzata, például az $n!$ faktoriális függvény alakja minden $n > 0$ egész számra: $n! = \prod_{k=1}^n k$
π	Ludolph-féle szám, $\pi \approx 3,141593$; <i>Ludolph van Ceulen</i> (1550-1617) német származású holland matematikus munkássága nyomán
ρ	anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség
$\rho_{\text{acél}}$	acél anyagsűrűsége
ρ_a	látszólagos testsűrűség (MSZ EN 1097-6:2013)
ρ_b	halmazsűrűség
ρ_p	előszárított anyag testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
ρ_{rd}	kiszárított anyag testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
ρ_{ssd}	vízzel telített, felületszáraz anyag testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)

$\rho_{\text{v}}_{\text{v}}_{\text{v}}$	víz sűrűsége
ρ_{A}	kiszárított anyag anyagsűrűsége
ρ_{H}	kiszárított, laza állapotú anyag halmazsűrűsége
ρ_{La}	könnyű kőanyaghalmoz (adalékanyag) látszólagos testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
ρ_{Lrd}	kiszárított könnyű kőanyaghalmoz (adalékanyag) testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
ρ_{Lssd}	vízzel telített, felületszáraz könnyű kőanyaghalmoz (adalékanyag) testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
ρ_{LC}	könnyűbeton testsűrűségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016)
ρ_{T}	kiszárított anyag testsűrűsége, kiszárított szemhalmoz szemekinek átlagos testsűrűsége
σ	feszültség
σ	szórás; kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek nyomószilárdságának elméleti szórása
σ^2	elméleti szórásnégyzet, pontosabban az elméleti szórás négyzete
σ/m_{lin}	variációs tényező, amelyet százalékban is ki lehet fejezni (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban). Lásd még: v
$\sigma^2/m_{\text{lin}}^2$	relatív szórásnégyzet (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
σ_{bH}	a beton nyomóhatárfeszültsége
σ_{B}	betonacél húzószilárdsága, szakítószilárdsága
$\sigma_{\text{c}} = 0$	a feszültség zérus értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$\sigma_{\text{c,cyl}}, \sigma_{\text{c,cyl}}(t_0)$	az állandó, tartós terhelőerő hatására a tartós terhelés t_0 kezdeti időpontjában ébredő – szabványos próbahengeren értelmezett – tartós feszültség (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$\sigma_{\text{cu}}, \sigma_{\text{cu3}}$	beton – igénybevételből számított, az ε_{cu} fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége (<i>Mihailich</i> et al., 1964)
$\sigma_{\text{cu,t}}$	t korú beton – igénybevételből számított, az ε_{cu} fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége
σ_{cyl}	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek nyomószilárdságának szórása
$\sigma_{\text{e,max}}$	ernyedés végértéke
σ_{f}	a textilszál húzófeszültsége
σ_{hH}	a beton húzási (húzó-) határfeszültsége
σ_{H}	a beton nyomóhatárfeszültsége (visszavont 1967. évi Közüti Hídszabályzat)
σ_{max}	hegeszthető betonacél fázisvizsgálati előírt legnagyobb terhelése (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
σ_{min}	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt legkisebb elméleti szórása
σ_{n}	a beton nyomószilárdságának ismeretlen valószínűségi elméleti szórása

σ_N	a beton nyomóhatárfeszültsége (visszavont 1951. évi Vasúti Hídszabályzat)
σ_{rel}	ernyedés végértékének ($\sigma_{e,max}$) bizonyos hányada
σ_s	a betonacél húzófeszültsége
σ_t	törőszilárdság betonhasáb esetén, hasábszilárdság
σ_0	hajlító-húzófeszültség az első repedésnél
σ – ε görbe	feszültség-alakváltozási diagram
$\Sigma\Delta$	a beton összetételétől és állapotától függő segédváltozó roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálat esetén, (ÚT 2-2.204:1999 = e-UT 09.04.11:1999) útügyi műszaki előírás
τ	nyírófeszültség, tiszta nyírószilárdság
$\tau_{0,1}$	hegeszthető betonacél tapadófeszültsége betonpróbatestben 0,1 mm-es csúszás esetén (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
τ_{bu}	hegeszthető betonacél tapadófeszültsége betonpróbatestben a legnagyobb vizsgálati erő esetén (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
v	relatív szórásnak (variációs tényezőnek, variációs együtthatónak) főképp a régebbi irodalomban olykor használt jele (<i>Palotás</i> , 1979), amely helyett ma az s_{rel} vagy V_x jelölést használjuk
φ	térfogategyenlőségi tényező, térfogategyenlőségi átszámítási tényező (<i>Balázs L. – Kausay</i> , 2019)
φ_{ef}	hatékony kúszási tényező (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 5.8.4. szakasza)
φ_{LC}	könnyűbeton kúszási tényezője
$\varphi_{nl}(\infty, t_0)$, $\varphi_k(\infty, t_0)$	elméleti kúszási tényező; a kúszási tényezőnek a kúszás nem lineáris jellegét figyelembe vevő végértéke, ha a tartós nyomófeszültség a megterhelés t_0 időpontjában a $0,45 \times f_{cm,cyl}$ értéket meghaladja
φ_{RH}	a relatív páratartalomnak és a szerkezeti elem hatásos vastagságának a kúszási tényező φ_0 alapértékére gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező
φ_t	kúszási tényező vagy kúszási mérték
$\varphi(t, t_0)$	kúszási tényező t időpontban érvényes értéke, amely a t és a t_0 időpontok közötti kúszásnak a 28 napos kori rugalmas alakváltozáshoz viszonyított arányát adja meg
$\varphi(\infty, t_0)$, $\varphi_k(\infty, t_0)$	kúszási tényező végértéke a $t_\infty = \infty$ időben
φ_0	kúszási tényező alapértéke; elméleti kúszási tényező
χ^2	χ^2 -eloszlás (valószínűségi eloszlás), amelyet <i>Pearson</i> -eloszlásnak, illetve ritkábban <i>Helmert</i> -eloszlásnak is neveznek.
Ψ_0	P_δ eloszlásfüggvény feletti terület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
Ψ_1	P_δ eloszlásfüggvény feletti területnek az ordinátatengelyre vett elsőrendű nyomatóka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
Ψ_{k-1}	P_δ eloszlásfüggvény feletti területnek az ordinátatengelyre vett $(k-1)$ -edrendű nyomatóka (ha k nem negatív szám), (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)

Ψ_R	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapács ütőkosa visszapattanási energiájának ($E_{\text{ütőkös,visszapattanási}}$) és ütőrugója ütési rugalmas energiájának ($E_{\text{rugó,ütési}}$) hányadosa
Ψ_Q	<i>SilverSchmidt</i> -kalapács ütőkosa visszapattanási energiájának ($E_{\text{ütőkös,visszapattanási}}$) és ütőrugója ütési rugalmas energiájának ($E_{\text{rugó,ütési}}$) hányadosa
ω	standardizált terjedelem (elméleti), a terjedelem és a szórás hányadosa (visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezete, melléklet)

1.4.1. táblázat: Betonacélok, feszítőacélok, esetenként fémek alakváltozási és szilárdsági tulajdonságai jelölésének áttekintő táblázata

Megnevezés, tulajdonság	Jelölés	Szabvány, például
Jeltávolság		
eredeti ~	L_0	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
végso ~, szakadás utáni végso ~, szakadási maradó ~	L_u	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
vizsgálati hossz	L_c	MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
nyúlásmérővel mért hossz vagy a próbatest befogások közötti szabad hossza	L_e	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
próbatest teljes hossza	L_t	MSZ EN 10002-1:2001_v
Keresztmetszeti terület		
feszítőacél ~e	A_p	MSZ EN 1992-1-1:2010
betonacél, acélbetét ~e	A_s	MSZ EN 1992-1-1:2010 DIN 1045-1:2008_v
betonacél, acélbetét ~e, legalább	$A_{s,min}$	MSZ EN 1992-1-1:2010
betonacél, acélbetét ~e, névleges	A_n	MSZ EN 10080:2005 DIN 488-1:2009
nyírási vasalás ~e	A_{sw}	MSZ EN 1992-1-1:2010
betonacél, próbatest eredeti ~e; pázsma ~e, névleges = tömeg/sűrűség	F_0	MOSz 102:1933_v
	S_0	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10025-2:2020 prEN 10138-3:2000 E DIN EN 10138-3:2000 (Entwurf)
Megjegyzés: A betonacél névleges átmérőjétől (d_s) függő névleges keresztmetszeti területéről ($A_n = d_s^2 \times \pi / 4$) és névleges tömegéről, azaz „folyómétersúlyáról” ($M_{Nennmasse} = 10^{-3} \times A_n \times \rho_{acél}$, például $d = 8$ mm esetén $M_{Nennmasse} = 0,395$ kg/m = $10^{-3} \times (50,3 \text{ mm}^2) \times (7,85 \text{ g/cm}^3)$) például a DIN 488-1:2009 szabvány 3. táblázatában található tájékoztatás.		

Az 1.4.1. táblázat folytatódik

Az 1.4.1. táblázat folytatása

Megnevezés, tulajdonság		Jelölés	Szabvány, például
Nyúlás, azaz fajlagos megnyúlás			
egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó ~ terhelt állapotban		e_p, ε_p	MSZ EN ISO 6892-1:2020
		A_p	MSZ EN 10080:2005 MSZ EN 1992-1-1:2010
egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó ~ terheletlen állapotban		e_r, ε_r	MSZ EN ISO 6892-1:2020 (A szabványban teljes nyúlásnak nevezik)
		A_r	MSZ EN 10080:2005 MSZ EN 1992-1-1:2010
névleges folyáshatárhoz tartozó teljes ~ terhelt állapotban		e_t, ε_t	MSZ EN ISO 6892-1:2020
folyási ~, maradó folyási ~, (a folyás alatti nyúlás hossza)		Jel nélkül	MSZ 105-1:1987_v
		A_e	MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
szakadás utáni maradó ~, szakadási maradó ~ (például $5 \times d_0$ hossz: A , $10 \times d_0$ hossz: A_{10-d} , nem arányos próbatest vagy feszítőhuzal L mm hosszán: A_L)		A , A_{10-d} , $A_{5,65 \cdot \sqrt{S_0}}$, A_L	MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020 MSZ 339:1987 MSZ 982:1987 MSZ 5720:1993 MSZ EN 10025-2:2020
szakadás utáni (szakadási) egyenletes (kontrakció nélküli) maradó ~, az elszakadt próbatest hosszabb darabján mérve		δ_e	MOSz 102:1933_v
		A_r	MSZ EN ISO 15630-1:2020
		A_{wn}	MSZ EN ISO 6892-1:2020
szakadás utáni (szakadási) teljes ~		δ_B	MOSz 102:1933_v
		δ_5, δ_{10}	MOSz 112:1933_v DIN 488-1:1972_v
		A_t	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
legnagyobb terheléskor mért ~	nem arányos, képlékeny, maradó ~	A_g	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020
	teljes ~	A_{gt}	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020 MSZ EN 10080:2005 prEN 10138-1:2000 E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf)

Az 1.4.1. táblázat folytatódik

Az 1.4.1. táblázat folytatása

Megnevezés, tulajdonság		Jelölés	Szabvány, például
legnagyobb terheléskor mért teljes ~	érték	ε_u	MSZ EN 1992-1-1:2010
	jellemző érték (előírt)	ε_{uk}	MSZ/T 339:2012*
			MSZ EN 1992-1-1:2010
			DIN 1045-1:2008_v
		A_{gt}	DIN 488-1:2009
		$C_v \leq A_{gt} - k \times s$	MSZ EN 10080:2005
Megjegyzés: Az MSZ EN 10080:2005 szabvány 7.2.3.1. és 8.5.2. szakasza szerint az A_{gt} előírt jellemző értékének $C_v \leq A_{gt} - k \times s$ összefüggésében k a szabvány 17. táblázata szerinti alulmaradási tényező, s pedig a legnagyobb terheléshez tartozó százalékos teljes nyúlás (A_{gt}) tapasztalati szórása.			
Keresztmetszet-csökkenés, kontrakció			
kontrakció, befűződés		ψ	MOSz 102:1933_v
		Z	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
Legnagyobb terhelőerő, legnagyobb húzóerő, szakítóerő			
jellemző érték (előírt)		F_m	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020 MSZ 5720:1993 prEN 10138-1:2000 E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf)
átlagérték		P	MOSz 102:1933_v
		F_{mm}	MSZ 5720:1993
legnagyobb érték		P_B	MOSz 102:1933_v
		$F_{m,max}$	prEN 10138-1:2000 E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf)
Névleges folyáshatárhoz tartozó erő			
érték		$F_{tl,0}$	MSZ 5720:1993
Terhelőerő fárasztó vizsgálat esetén			
felső erő		F_{up}	MSZ EN ISO 15630-1:2020 prEN 10138-1:2000 E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf)
erőtartomány		F_r	MSZ EN ISO 15630-1:2020 prEN 10138-2:2000 E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf)

Az 1.4.1. táblázat folytatódik

Az 1.4.1. táblázat folytatása

Megnevezés, tulajdonság	Jelölés	Szabvány, például
Feszítőerő		
érték	P	MSZ EN 1992-1-1:2010
a feszítőacél aktív végén, kezdeti erő, feszítés után	P_0	MSZ EN 1992-1-1:2010
Feszültség		
~ az arányosság határán	σ_p	MOSz 102:1933_v
~ a rugalmasság határán	σ_E	MOSz 102:1933_v
~ az egyenletes nyúlás határán	σ_e	MOSz 102:1933_v
~ a szakadási keresztmetszetben	σ_c	MOSz 102:1933_v
teljes fajlagos megnyúláshoz tartozó ~	R_t	MSZ EN ISO 6892-1:2020

Szakítószilárdság; Húzószilárdság		
betonacél ~a (A MOSz szabványok szerint a szerkezeti és hídépítési folytacélok esetén is.)	σ_B	MOSz 102:1933_v MOSz 112:1933_v
	β_Z	DIN 488-1:1972_v
	f_t	MSZ EN 1992-1-1:2010
betonacél ~, jellemző érték (előírt)	f_{tk}	MSZ EN 1992-1-1:2010 DIN 1045-1:2008_v
feszítőacél ~a	f_p	MSZ EN 1992-1-1:2010
feszítőacél ~, jellemző érték (előírt), ha $R_m = F_m/S_0$	f_{pk}	MSZ EN 1992-1-1:2010
	R_m	prEN 10138-2:2000 E DIN EN 10138-2:2000 (Entwurf) DIN 488-1:2009
feszítópázsma névleges ~a	R_m	MSZ 465:1987
átlagérték	R_m	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020 MSZ 339:1987 MSZ 982:1987 MSZ 5720:1993 MSZ EN 10080:2005
Megjegyzés: A szakítószilárdság a névleges keresztmetszettel számítandó ki (MSZ 465:1987, MSZ EN 10080:2005 szabvány 7.2.3.2. szakasz, DIN 488-1:2009 szabvány 2. táblázata stb.).		

Az 1.4.1. táblázat folytatódik

Az 1.4.1. táblázat folytatása

Megnevezés, tulajdonság	Jelölés	Szabvány, például
Tetmajer-féle minőségi szám és hajlítási mérték		
Minőségi szám, munkamérőszám	$A = \sigma_B \times \delta_B$	MOSz 102:1933_v
Hajlítási mérték (alakíthatósági vizsgálat), %	$B_g = 50 \times (a/r)$ ahol: a = a próbatest vastagsága; r = a semleges szál görbületi sugara	MOSz 102:1933_v
		MOSz 105:1933_v
Folyáshatár		
betonacél ~, átlagérték (A MOSz szabványok szerint a szerkezeti és hídépítési folytatók esetén is.)	σ_S	MOSz 102:1933_v MOSz 112:1933_v
	$\beta_S, \beta_{0,2}$	DIN 488-1:1972_v
	R_e	MSZ EN 10080:2005 DIN 488-1:2009
	f_y	MSZ EN 1992-1-1:2010
betonacél ~, tervezési érték	f_{yd}	MSZ EN 1992-1-1:2010
betonacél, jellemző érték (előírt)	f_{yk}	MSZ EN 1992-1-1:2010 DIN 1045-1:2008_v
	$C_v \leq R_e - k \times s$	MSZ EN 10080:2005
nyírási vasalás ~, tervezési érték	f_{ywd}	MSZ EN 1992-1-1:2010
felső jellemző érték (előírt)	R_{eH}	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020 MSZ 339:1987 MSZ EN 10080:2005 DIN 488-1:2009
alsó jellemző érték (előírt)	R_{eL}	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
mért érték	$R_{e,act}$	MSZ EN 10080:2005
	$R_{e,ist}$	DIN 488-1:2009
	$f_{yk,ist}$	DIN 1045-1:2008_v
jellemző érték (előírt) $R_{e,nenn} = 500 \text{ N/mm}^2$	$R_{e,nom}$	MSZ EN 10080:2005
	$R_{e,nenn}$	DIN 488-1:2009
	$f_{yk,nenn}$	DIN 1045-1:2008_v
~ mért (meghatározott) és előírt értékének, illetve jellemző értékének aránya (viszonyszáma)	$R_{e,act}/R_{e,nom}$	MSZ EN 10080:2005
	$R_{e,ist}/R_{e,nenn}$	DIN 488-1:2009
	$f_{yk,ist}/f_{yk,nenn}$	DIN 1045-1:2008_v

Az 1.4.1. táblázat folytatódik

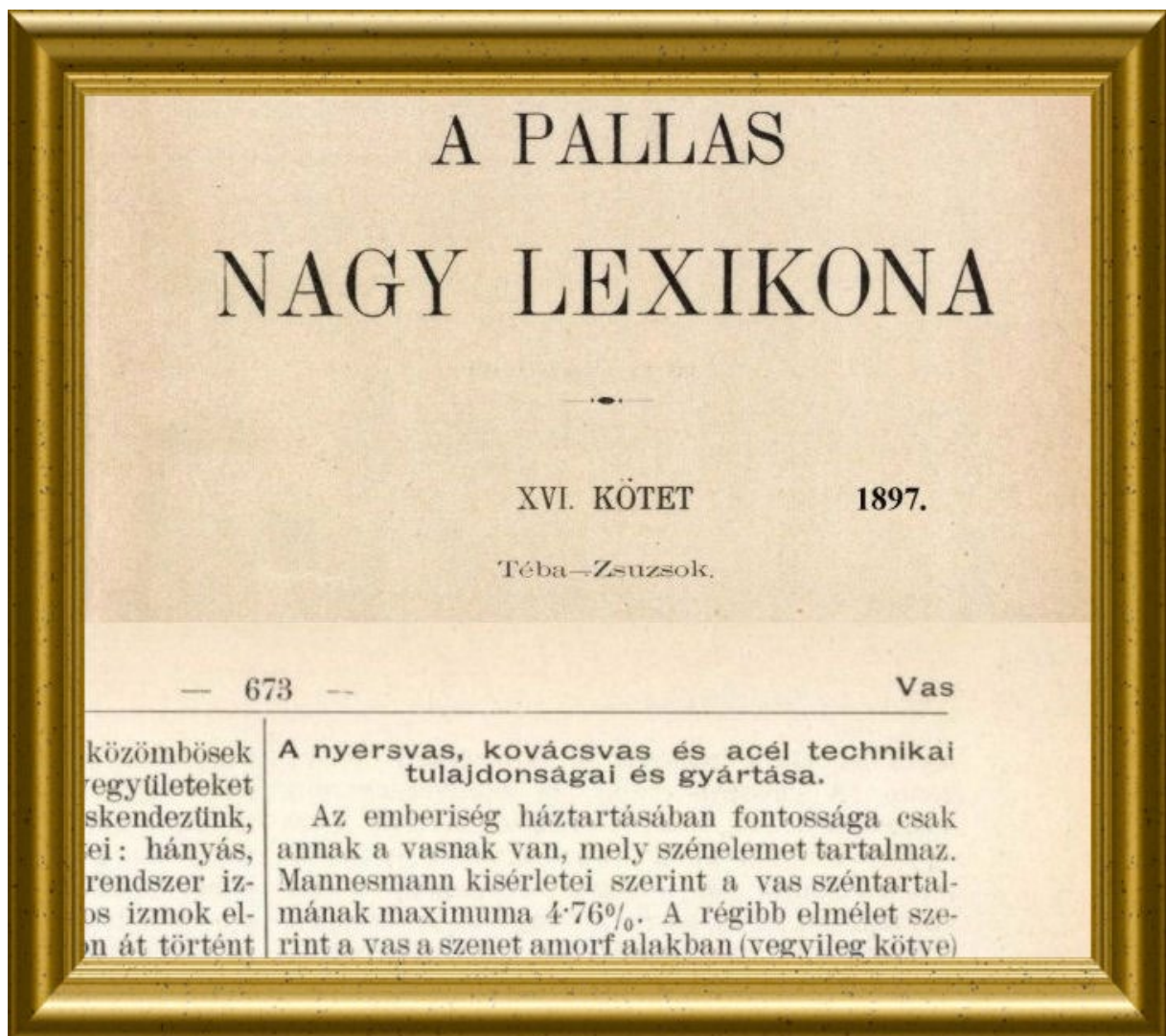
Az 1.4.1. táblázat folytatása

Megjegyzés:		
- A folyáshatár a névleges keresztmetszettel számítandó ki (például: MSZ EN 10080:2005 szabvány 7.2.3.2. szakasz, DIN 488-1:2009 szabvány 2. táblázata). - Az MSZ EN 10080:2005 szabvány 7.2.3.1. és 8.5.2. szakasza szerint az R_e előírt jellemző értékének $C_v \leq R_e - k \times s$ összefüggésében k a szabvány 16. táblázata szerinti alulmaradási tényező, s pedig az R_e folyáshatár tapasztalati szórása.		
Megnevezés, tulajdonság	Jelölés	Szabvány, például
Egyezményes folyáshatár		
betonacél ~ának, 0,2% maradó nyúláshoz tartozó ~ának jellemző értéke	$f_{0,2k}$	MSZ EN 1992-1-1:2010_! MSZ EN 1992-2:2009_! DIN 1045-1:2008_v
feszítőacél ~ának, 0,1% maradó nyúláshoz tartozó ~ának	értéke	$f_{p0,1}$
	jellemző értéke, $F_{p0,1} \sim (83-86)\% \times F_m$	$f_{p0,1k}$
		$F_{p0,1}$
terhelt állapotban mért ~ (Például 0,2% maradó nyúláshoz tartozó ~, a próbatest terhelt állapotában)	R_p $(R_{p0,2})$	MSZ EN 1992-1-1:2010_! MSZ EN 1992-2:2009_! MSZ EN 1992-1-1:2010_! MSZ EN 1992-2:2009_! DIN 1045-1:2008_v prEN 10138-1:2000 E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf)
terheletlen állapotban mért ~ (Például 0,2% maradó nyúláshoz tartozó ~, a próbatest terheletlen állapotában)	R_r $(R_{r0,2})$	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ EN ISO 15630-1:2020 MSZ 982:1987 MSZ EN 10080:2005 DIN 488-1:2009
Megjegyzés: _! A magyar nyelvű MSZ EN 1992-1-1:2010 és MSZ EN 1992-2:2009 Eurocode 2 tervezési szabványban az $f_{0,2k}$, $f_{p0,1}$, és $f_{p0,1k}$ „egyezményes folyáshatár” megnevezését „névleges folyáshatár”-nak fordították.		
Névleges folyáshatár		
egyek értékek	R_{ti}	MSZ 982:1987
átlagérték	R_{tm}	MSZ 982:1987
előírt, azaz jellemző érték	R_t	MSZ 105-1:1987_v MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020 MSZ 982:1987
1,0% teljes nyúláshoz tartozó ~	$R_{t1,0}$	MSZ 5720:1993

Az 1.4.1. táblázat folytatódik

Az 1.4.1. táblázat folytatása

Megnevezés, tulajdonság	Jelölés	Szabvány, például
Betonacél duktilitásának (alakíthatóságának) szilárdsági feltételét kifejező szakítószilárdság/folyáshatár hányados (viszonyszám) jele		
szakítószilárdság és folyáshatár hányadosa „folyási határ viszonszáma”	σ_B/σ_S	MOSz 102:1933_v
szakítószilárdság és folyáshatár hányadosának jellemző értéke	R_m/R_e	MSZ EN 10080:2005 DIN 488-1:2009
szakítószilárdság és folyáshatár hányadosának jellemző értéke	$(f_t/f_y)_k$	MSZ EN 1992-1-1:2010 DIN 1045-1:2008_v MSZ/T 339:2012 *
Rugalmassági modulus		
érték	E	MSZ EN 10002-1:2001_v MSZ EN ISO 6892-1:2020
tervezési érték, betonacél	E_s	MSZ EN 1992-1-1:2010
tervezési érték, feszítőacél	E_p	MSZ EN 1992-1-1:2010
Megjegyzés:		
- A táblázat jobb oszlopában a vizsgálati szabványok jelzetének háttere sárga, a termékszabványok jelzetének háttere zöld, a méretezési szabványok jelzetének háttere barna; ~ a vonatkozó címszó helye, például: betonacél ~a → betonacél folyáshatára; „v” betű a szabvány évszáma után alsó kötőjellel (_v) a visszavont szabványokat jelöli; - A folyáshatár – hasonlóan a szakítószilárdsághoz – a névleges keresztmetszettel számítandó ki (például: MSZ EN 10080:2005 szabvány 7.2.3.2. szakasz, DIN 488-1:2009 szabvány 2. táblázata); - A „jellemző érték” azonos a „karakterisztikus érték” kifejezéssel (egymás szinonimái), amelyet a szabványok gyakran „előírt értéknek” neveznek; * Az MSZ/T 339:2012 szabványtervezetre hivatkozással az ÉMI 2019. május 10-én A-181/2014 számú NMÉ Nemzeti Műszaki Értékelést adott ki B500B és B500C jelű melegen hengerelt betonacélokra az ÓAM Ózdi Acélművek Kft. részére (az MSZ/T 339:2012 szerinti jelölések a fentiektől eltérhetnek). - Lásd még: http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/acel-szilardsag.pdf http://www.betonopus.hu/szakmernoki/147-acel.pdf		



1.5. FOGALMAK

Abrams-féle finomsági modulus

Az *Abrams*-féle⁵ finomsági modulus (m_{Abrams}) a százzal osztott szitamaradékok összege a *Tyler*-féle szitasorozaton (*Palotás*⁶ 1934). Az MNOSZ 934:1949, de még az 1977-ig érvényben volt MSZ 4713:1955 beton alapanyag vizsgálati szabvány is úgy rendelkezett, hogy a szemmegoszlás *Abrams*-féle finomsági modulusának kiszámításához a szitákon fennmaradt anyag mennyiségeket a 0,147 (0,15); 0,295 (0,3); 0,59 (0,6) mm lyukbőségű négyzetlyukú szitákból és az 1,18 (1,2); 2,37 (2,5); 4,75 (5,0); 9,52 (10,0); 19,05 (20,0); 38,1 (40,0); 76,2 (80,0) mm lyukbőségű körlyukú rostákból álló *Tyler*-féle szitasor lyukbőségeihez tartozó ordinátákon kell leolvasni (lásd: *Tyler*-féle szitasorozat). Az MSZ 4713-3:1977 szabvány szerint a finomsági modulus már a 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32 mm lyukbőségű négyzetlyukú szitákon fennmaradt összes anyag tömeg%-ából kellett kiszámítani. Ez a számításmód 1981-ben annyival változott, hogy az MSZ 18288-5:1981 szabvány szerint a finomsági modulus számításához használt szitasor első tagja a 0,063 mm lyukbőségű négyzetlyukú szita lett, és ezzel a finomsági modulus értéke közel eggyel megnövekedett.

Abrams-féle kúp

Lásd: Roskadási mérték

⁵ Duff Andrew Abrams (1880, Illinois – 1965, New York) amerikai betonkutató, a Lewis Institute professzora, a chicagói Portland Cement Association kutató laboratóriumának igazgatója, az American Concrete Association elnöke volt. Bevezette az adalékanyag szemmegoszlásának jellemzésére a finomsági modulus, hatványfüggvény alakjában felírta a víz-cement tényezőnek és a beton nyomószilárdságának összefüggését, megalapozta a betontervezési módszereket, a beton konzisztencia vizsgálatára kidolgozta a roskadásmérés módszerét, amelynek eszköze az *Abrams*-féle kúp. Legjelentősebb műve, a „Design of Concrete Mixtures” a londoni Forgotten Books reprint kiadásában elérhető.

⁶ Palotás László (1905, Érsekújvár – 1993, Budapest) hídépítő és tervező mérnök, betonkutató, 1954-től 1967-ig a Közlekedési Műszaki Egyetem, illetve az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, majd azután a Budapesti Műszaki Egyetem professzora, a II. Hídépítéstani Tanszék (1957-1963), illetve az Építőanyagok Tanszék vezetője (1963-1968), Kossuth-díjas (1962), a Magyar Népköztársasági Érdemérem kétszeres (1958, 1960), a Munka Érdemrend (1985), a Magyar Köztársaság Zászlórendje (1990) stb. tulajdonosa, a Magyar Tudományos Akadémia levelező (1992), majd rendes tagja (1992), (<https://akademikus.mtak.hu/adatlap/palotas-laszlo/>). Szakkönyveinek száma 26, könyvrészlete 24, egyetemi jegyzeteinek száma 17, hazai és külföldi folyóiratokban megjelent tudományos dolgozatainak száma mintegy 115. Szerkesztésében jelent meg a Mérnöki Kézikönyv két kiadása (1955-1965 és 1981-1985). Nevéhez fűződik a *Cross*-módszer alkalmazása kilengő keretszerkezetek erőjátékának meghatározásához (*Palotás et al.*, 1962). *Palotás László* jelentős szerepet játszott a betontechnológia és a betonismeret fejlesztésében, például bevezette a legkedvezőbb finomsági modulus és a víz+levegő—cement tényező fogalmát, felírta a *Palotás*-féle betontervezési képleteket, összefüggéseket határozott meg a beton hasáb-, húzó-, nyíró-, csavarószilárdságának, továbbá a tartós szilárdság, a hőmérsékletváltozásból fellépő sajátfeszültségek, a zsugorodásból származó feszültségek, a kúszásból keletkező feszültségek számítására (*Balázs*, 2004), (<http://www.betonopus.hu/notesz/palotas/palotas-laszlo.pdf>).

Hardy Cross (1885, Nansemond Country, Virginia, USA – 1959, Virginia Beach, Virginia, USA) amerikai építőmérnök, statikus, egyetemi tanár. Tanulmányait a Hampden-Sydney Kollégiumban, a Harvard Egyetemen, a Norfolk Akadémián, a Massachusetts Technológiai Intézetben folytatta. Tanított a Brown Egyetemen, a Yale Egyetemen. Iterációs (fokozatos közelítés) módszert dolgozott ki a keretszerkezetek és rácsos tartók rúdvégi (csomóponti) hajlítónyomatékainak meghatározására. „Continuous Frames of Reinforced Concrete” című könyve New Yorkban, 1932-ben jelent meg.

Abszolút halmaztömörség

Az abszolút halmaztömörség a halmazsűrűség és az anyagsűrűség hányadosa. Térfogatarány.

$$t_{\text{abszolút halmaztömör}} = \frac{\text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\rho_H}{\rho_A} = \frac{\frac{M}{V_H}}{\frac{M}{V_A}} = \frac{V_A}{V_H} = \frac{\text{Anyagtérfogat}}{\text{Halmaztérfogat}}$$

Kifejezhető térfogat%-ban is.

Lásd még: Halmazporozitás, Hézagtérfogat

Abszolút hiba

Lásd: Standard hiba

Acél

Acéloknak azokat a – nyersvas feldolgozásával nyert – kis széntartalmú vas-szén ötvözeteket tekintjük, amelyek széntartalma kevesebb, mint 2,06 tömeg%. Az öntött acélok széntartalma 1,70 – 2,06 tömeg%, a tulajdonképpeni építőipari acélok széntartalma kevesebb, mint 1,7 tömeg%. A határértéknek tekintett széntartalmat a vas-szén ötvözetek állapotábrájából vezetik le, a határérték az ausztenit nevű γ vas-szén szilárdoldat legnagyobb koncentrációja. (*Palotás*, 1979, 2. kötet)

Az MSZ EN 10020:2001 szabvány szerint az acél olyan anyag, amelyben a vas tömegszázaléka minden más eleménél nagyobb, karbontartalma (karbon = szén, mint kémiai elem, jele: C) általában 2%-nál kisebb, és egyéb elemeket is tartalmaz. Néhány króm-acél tartalmazhat 2%-nál több karbont, de 2% a szokásos határvonal az acél és az öntöttvas között.

Az acéltermékféleségek mennyisége megszámlálhatatlan, az eligazodást a termékféleségek között az MSZ EN 10027-1:2017 és MSZ EN 10027-2:2015 szabvány segíti. Az MSZ EN 10027-1:2017 szabvány szerinti jelölések az acél felhasználási lehetőségeit és alapvető jellemzőit (például a mechanikai, fizikai és vegyi tulajdonságait) fejezik ki az acélok egyértelmű azonosíthatósága céljából. Az MSZ EN 10027-2:2015 szabvány az acélminőségek jelölésére acélszámnak nevezett számozási rendszert határoz meg, és ezzel kiegészíti az MSZ EN 10027-1:2017 szabványban meghatározott acélminőségi jeleket.

A betonacélok betűjele „B”, amelyet az előírt folyáshatár jellemző értéke (karakterisztikus értéke) követ N/mm^2 mértékegységben; a feszítőacélok betűjele „Y”, amelyet az előírt szakítószilárdság alsó értéke (tulajdonképpen a jellemző értéke) követ N/mm^2 mértékegységben; a szerkezeti acélok betűjele „S”, amelyet az előírt folyáshatár jellemző értéke (karakterisztikus értéke) követ N/mm^2 mértékegységben stb.

Az MSZ EN 10027-1:2017 szabványban használt “folyáshatár” fogalom a felső vagy az alsó folyáshatárt ($R_{eH} \rightarrow H$ = higher yield strength; vagy $R_{eL} \rightarrow L$ = lower yield strength), vagy az egyezményes folyáshatárt ($R_p \rightarrow p$ = proof strength), vagy pedig a névleges folyáshatárt ($R_t \rightarrow t$ = proof strength total) jelenti a vonatkozó termékszabványban előírt követelménytől függően.

Tirler (2017) DIN kiadású zsebkönyve az európai acéltermékek jelölésrendszeréről jó áttekintést ad.

Lásd még: Acélgyártás

Acél alakíthatósága, alakváltozási képessége

Az acél – és általában a fémek – képlékeny alakíthatóságának mértéke az az alakváltozás, amelyet az adott acél, illetve fém töréssig, repedésig el tud viselni. A képlékeny (maradó) alakíthatóságot a széntartalom, az alakításkori feszültségállapot, az alakváltozási sebesség és a hőmérséklet befolyásolja. (*Óvári szerk.*, 1985)

Az alakításhoz szükséges erő a széntartalommal arányosan nő, ezért a nagyobb széntartalmú

acélok nehezebben kovácsolhatók, mint a szénttartalomban szegényebb vasak. Az 1,7% szénttartalom feletti vasötvözeteket nem lehet kovácsolni. (*Vidovszky*, 2007)

Minél nagyobb a gyártás során alkalmazott nyomás, annál jobb az alakíthatóság; hengerléssel vagy sajtolással sokkal nagyobb alakváltozásokat lehet elérni, mint például dróthúzással vagy egyszerű nyújtással. Az alakváltozási sebesség hatása szobahőmérsékleten jelentéktelen. A képlékeny alakíthatóság alsó szilárdsági határértéke a folyáshatár. (*Óvári szerk.*, 1985)

A betonacél alakíthatóságának mértékét az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 tervezési szabványban a duktilitási (alakíthatósági) osztállyal fejezik ki, amelybe a betonacél a szakítószilárdság (f_t) és a folyáshatár (f_y) hányadosának a jellemző (karakterisztikus) értéke és a legnagyobb teherhez tartozó fajlagos megnyúlásnak a jellemző (karakterisztikus) értéke alapján sorolható be.

Az acélok alakíthatóságának a betonacélok és feszítőhuzalok építéshelyi feldolgozása szempontjából is nagy jelentősége van, amelyről *Bodó László*⁷ könyveiben (1967 és 1985) lehet részletesen olvasni.

Az acélok alakíthatósági vizsgálatait technológiai vizsgálatoknak is szokás nevezni. Ezek sorába tartozik például a melegalakíthatóság vizsgálata, a hidegalakíthatóság vizsgálata, a hegeszthetőség vizsgálata, az edzhetőség vizsgálata.

A melegalakíthatóságot például a vöröstörékenységi hajlam kimutatására alkalmas zömítéssel lehet vizsgálni. A zömítővizsgálat mérőszáma a magasságcsökkenés az első repedés megjelenéséig.

A hajlítási vizsgálat (hajlítóvizsgálat) és a hajlítgatási vizsgálat (hajtogatóvizsgálat) alapvetően hidegalakíthatósági próba, de a hajlítási vizsgálatnál az acél hegeszthetősége is ellenőrizhető.

A betonacél hegeszthetőségét $30 \times d$ (átmérő) hosszú, hernyóvarratos próbadarabon szokták hajlítással vizsgálni. A varrat a húzott oldal szélső szálában van, és hajlítás közben a hajlítási síkból nem fordulhat ki. A hajlítási szög 150° , amelyet az átmeneti zónának repedés nélkül kell kibírnia (*Bodó*, 1967).

Az edzhetőség a próbatestnek a felhevítést követő lehűtés után végzett vonalmenti keménységmérési eredményeiből ítéltető meg.

Lásd még: Acélglyártás, Acélhajlítási vizsgálat, Acélhajlítgatási vizsgálat, Acél hegeszthetősége, Acél kovácsolása, Acél melegalakítása, Betonacél duktilitása, Keménység

Acélbetét korróziója, rozsdásodása

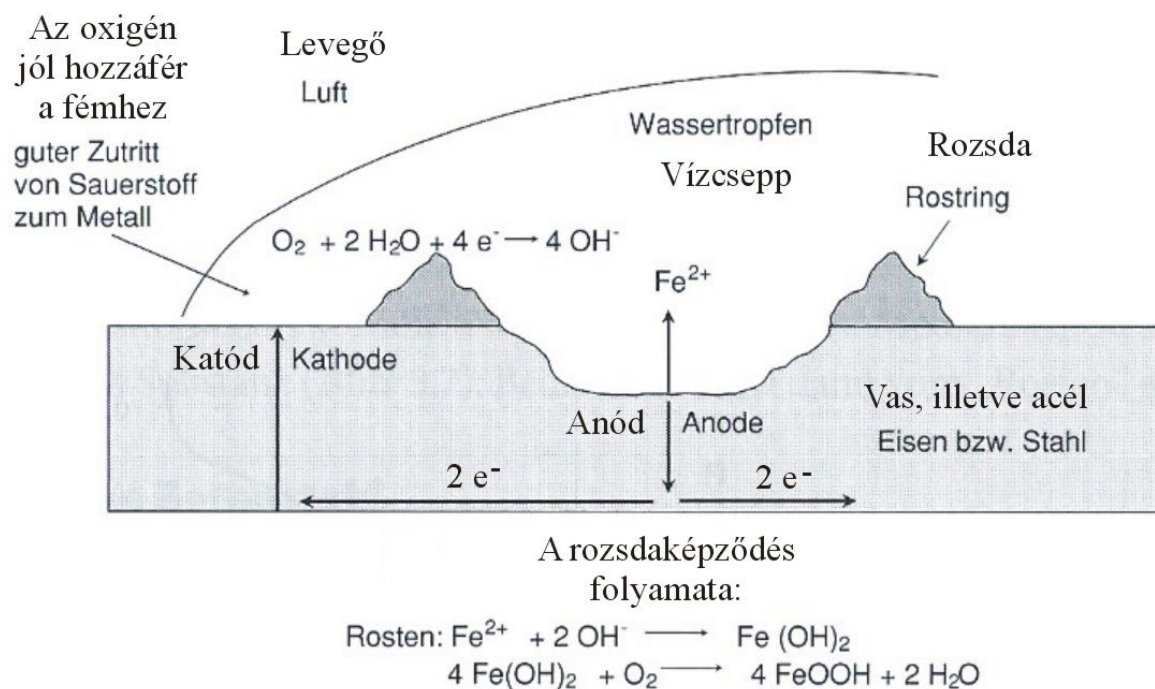
A vasgyártás során a természetes, energiaszegény vasércből kohászattal nyert energiagazdag vas és acél a használata során törekszik arra, hogy e „természetellenes” állapotból újból az energiaszegény természetes állapotba kerüljön, miközben szövetszerkezete átalakul, anyagtulajdonságai károsan változnak, azaz korrodál, rozsdásodik.

A vas és acél csak katódos védelemmel óvható meg a korróziótól.

Az acél korróziója elektrokémiai folyamat, amelynek során az acél nedves felületén, oxigén jelenlétében, például a vízcsepp közepén kialakult anódot és a vízcsepp peremén kialakult katódot az acél elektromosan rövidre zárja, miáltal a vízcsepp peremén rozsdá képződik. E

⁷ *Bodó László dr.* (1926 – 1996, Budapest) okl. építőmérnök. Munkahelyei: Műszaki osztály vezetője majd főmérnök a 2. sz. Épületelemgyárban (1958), később az 1. sz. Épületelemgyárban, tervezési irodavezető a BVM Beton- és Vasbetonipari Művek vezérigazgatóságán (1964), főmérnök a 43. sz. ÁÉV 2. sz. Házgyárában (1969), tudományos szakosztályvezető, tagozatvezető, később kutatási igazgatóhelyettes az ÉTI Építéstudományi Intézetben (1970), a Trigon-H Kft. ügyvezető igazgatója (1992). Tagja volt az ÉTE Építőipari Tudományos Egyesület Előregyártási Szakosztálya vezetőségének. Fő érdeklődési területe a vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek előregyártása, a betonacélok és feszítőacélok alkalmazása volt. (Beton szakmai havilap, 1996. IV. évfolyam. 9. szám)

jelenséget *természetes korrózió*nak, *atmoszferikus korrózió*nak, *oxigén korrózió*nak (németül: Sauerstoffkorrosion) nevezik (1.5.A1. ábra).



1.5.A1. ábra: Az acél elektrokémiai atmoszferikus (oxigén) korróziójának vízcsepp-modellje (Stark et al., 2013)

A vas és az acél atmoszferikus korróziójához, rozsdásodásához – így a vasbetonszerkezetekbe, szerkezeti elemekbe épített acélbetét korróziójához is – oxigénre és vízre (beleértve a gőzt, a páráit is) van szükség. A rozsdásodás viszonylag bonyolult, többlépcsős elektrokémiai folyamat (Balázs, 1984), (Benedix, 2008), (Czernin, 1977), (Ch. Fischer, 2012), (Krenkler, 1980), (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984), (Stark et al., 2013):

1. A vashól az elektrolit szerepét betöltő víz jelenlétében az elektrokémiai feszültség folytán pozitív töltésű vasionok (Fe^{++}) lépnek ki (anódon lejátszódó részfolyamat, anódos oxidáció, anódos korrózió, oxidációs folyamat):



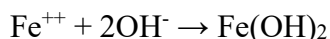
2. Az eközben szabaddá váló elektronok (e^-) a levegő és a víz oxigénjével negatív töltésű hidroxidionokat (OH^-) alkotnak (katódon lejátszódó részfolyamat):



Az elektrokémiai *oxigén korrózió* katódon lejátszódó részfolyamatának ez a reakcióegyenlete nemcsak akkor helytálló, ha az elektrolit víz, hanem akkor is, ha az elektrolit lúgos kémhatású vagy semleges kémhatású (például sós) oldat. Savas oldat esetén a elektrokémiai oxigén korrózió katódon lejátszódó részfolyamatának reakcióegyenlete a következő (Benedix, 2008): $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$.

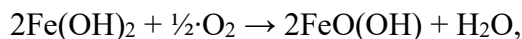
{Megjegyzés: Elektrokémiai *hidrogén korrózió* esetén a katódon hidrogén fejlődik (Benedix, 2008), (Ch. Fischer, 2012): $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ }

3. Az 1. egyenlet szerint képződött pozitív Fe^{++} -ionok és a 2. egyenlet szerint képződött negatív OH^- -ionok egymással reakcióba lépve vashidroxiddá ($Fe(OH)_2$) alakulnak:

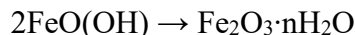


4. Ezt követő lépésben a vashidroxid és az oxigén reakciójából alakulnak ki a rozsda – a legjelentősebb természetes, energiaszegény vasérc összetevőivel azonos – összetevői:

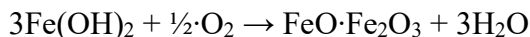
- a vas(III)-oxi-hidroxid ($\text{FeO}(\text{OH})$), azaz maghematit (maghemite, maghaemite):



amely reakció során vöröses barna vasrozsdá, hematit-hidrát is képződik:



- és a vas(II)-vas(III)-oxid ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$), azaz magnetit (színe fekete):



Savas oldatban zajló elektrokémiai *oxigén korrózió* esetén a rozsdaképződés reakcióegyenlete (Benedix, 2008): $2\text{Fe}^{++} + \frac{1}{2}\cdot\text{O}_2 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}_3\text{O}^+$

Az 1.5.A1. táblázatban látni, hogy fekete színű Fe_3O_4 (magnetit) térfogata 2,1-szerese a vas térfogatának, más szóval az Fe_3O_4 *moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényezője*: $k_{\text{mol}} = 2,1$; a sárga színű $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ (vasoxid-hidrát) *moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényezője* pedig: $k_{\text{mol}} = 3,12$. Ha a vasoxid-hidrátban kötött vízmolekulák száma nagyobb, akkor a *moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényező* is nagyobb szám, tehát a különféle rozsdá-összetevők arányától függően legfeljebb $k_{\text{mol}} = 6,50$, amely utóbbi az $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) *moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényezője* (Weizhong et al., 2010).

A k_{mol} *elméleti, moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényező* alatt a rozsdá-összetevő moláris térfogatának és a vas moláris térfogatának hányadosa értendő:

$$k_{\text{mol}} = \frac{V_{\text{mol, rozsdá-összetevő}}}{V_{\text{mol, vas}}}$$

A moláris térfogat a következőképpen számítható ki:

$$V_{\text{mol}} = \frac{M_{\text{B}}}{N \times \rho} \quad [\text{cm}^3/\text{mol}],$$

ahol:

M_{B} = a molekulák moláris tömege, g/mol;

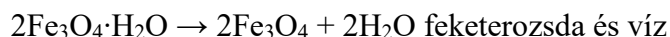
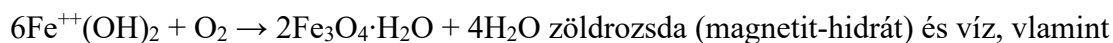
N = a vas atomok száma a molekulában;

ρ = sűrűség, g/cm³.

1.5.A1. táblázat: Az acél, illetve betonacél néhány k_{mol} elméleti, moláris rozsdaterfogatonövekedési tényezője (*Weizhong et al.*, 2010)

Vas, vasoxid, vasoxid-hidrát	Moláris tömeg M_B g/mol	Vas atomok száma a molekulában N	Sűrűség ρ g/cm ³	Moláris térfogat V_{mol} cm ³ /mol	Térfogat-növekedési tényező k_{mol}	Szín
Fe	55,85	1	7,86	7,11	1,00	ezüst
FeO (wüstit)	71,85	1	5,70	12,61	1,77	fekete
Fe ₂ O ₃ (hematit, akagenit, vagy maghemit)	159,70	2	5,24	15,24	2,14	rőtbarrozsd
Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O (vasoxid-hidrát)	177,70	2	4,00	22,21	3,12	sárga
Fe ₃ O ₄ (magnetit, mágnesvasérc)	231,55	3	5,18	14,90	2,10	feketerozsd
Fe(OH) ₂ (vas(II)-hidroxid)	89,75	1	3,40	26,40	3,71	fehér
Fe(OH) ₃ (vas(III)-hidroxid)	106,87	1	3,12	34,25	4,82	vöröses barna
α -FeOOH (goethit)	88,86	1	4,28	20,76	2,92	sárga
γ -FeOOH (lepidokrokit)	88,86	1	4,09	21,73	3,06	narancs
Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O (limonit, barnavasérc)	213,74	2	2,31	46,22	6,50	vöröses barna

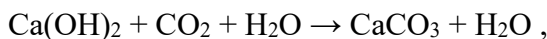
A rozsdának nincs egységes összetétele, végső alakjában Fe(II)-Fe(III)-oxidhidrát (Fe₃O₄·nH₂O). Oxigénhiány esetén például a vashidroxid (Fe(OH)₂) nem képes teljes mértékben vas(III)-oxi-hidroxiddá (FeO(OH)) oxidálódni, hanem átmenetileg magnetithidrát (Fe₃O₄·H₂O, zöldrozsd), valamint magnetit (Fe₃O₄, feketerozsd, mágnesvasérc) képződik (*Benedix*, 2008), (*Briehl*, 2014):



A rozsdá amorf, porózus szövetszerkezetű anyag, amely a vas, az acél felületén rakodik le, de annak további korrodálódását nem akadályozza meg, sőt acélbetét esetén egy része az acélbetétet környező cementkő pórusaiba és a beton repedéseibe is – azokat tágítva – behatol (*Ch. Fischer*, 2012). Az acélbetét korróziója – tekintve, hogy a mintegy 5,1 g/cm³ anyagsűrűségű, porózus rozsdá a 7,85 g/cm³ anyagsűrűségű acél térfogatának elméletileg mintegy 2,1-szerese (Fe₃O₄) és 6,5-szerese (Fe₂O₃·3H₂O) közötti érték (*Weizhong et al.*, 2010) – betonrepszto hatású.

Az acélbetét elektrokémiai természetes, oxigénes korróziója levegő – vagy az itt nem tárgyalt hosszú idejű vízátzivárgás – hatására végbemenő *karbonátosodás* folytán felgyorsulhat. A *karbonátosodás* nem lyukkorrózióra, hanem egyenletes acélbetét korrózióra vezet.

A karbonátosodás folyamán, amelynek kémiai egyenlete:



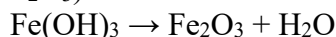
a levegő szén-dioxid-tartalma hatására a pórusvíz hidroxilion- (OH^-)-koncentrációja csökken, és ha ezáltal az acélbetét környezetében a pH értéke 9 alá esik ($\text{pH} < 9$), akkor az acélbetét felületén a korábbi nagy pH folytán kialakult *passzív védőréteg* felbomlik, a korrozív hatású elemek jól hozzáférnek az acélbetétéhez (1.5.A1. ábra), és megindul az acélbetét korróziója.

Ez a lényegében vas-oxidok (az acélbetét felüli oldalon főképp $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ és a beton felüli oldalon főképp $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$) alkotta nagyon vékony, csupán néhány atomrétegni (néhány nanométernyi), mintegy 50 μm vastagságú, tömör *passzív védőréteg* a pórusvíz $11,5 \leq \text{pH} \leq 13,8$, átlagosan $\text{pH} < 12,6$ értékű tartományában megvédi a acélbetétet a korróziótól. A passzív védőréteg jótékony hatása már mintegy $\text{pH} = 11$ értéknél elkezd fokozatosan csökkenni (depassziválódás), és mintegy $\text{pH} = 9$ értéknél végképp megszűnik (Benedix, 2008), (Weizhong et al., 2010).

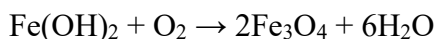
Az acélbetét korróziójának folyamata a karbonátosodott betonban hasonló az atmoszferikus korrózióhoz. Először az oxigén és pórusvíz jelenlétében oldódott vas(II)-hidroxidból (Fe(OH)_2) laza és porózus köztes termék, vas(III)-hidroxid (Fe(OH)_3) képződik:



amely végül rőtarna vasoxiddá (Fe_2O_3) alakul:



Ezt követően a beton oxigéntartalma az acélbetét felületén tovább csökken, és a fellépő oxigénhiány folytán a vas(II)-hidroxid (Fe(OH)_2) az előző lépéstől eltérően magnetitté, feketeroszsdává (Fe_3O_4) alakul:



A beton-karbonátosodási rozsdá háromrétegű szerkezete e csökkenő szabad oxigéntartalommal magyarázható, nevezetesen, hogy amíg a beton-karbonátosodási rozsdá külső rétege rőtarna, addig a rozsdá színe az acélbetétéhez közeledve a sötét vörösesbarnából a feketébe hajlik (Weizhong et al., 2010).

Weizhong és társai (2010) előrozsdásított, eredetileg 6 mm átmérőjű betonacél próbapálcák karbonátosodási korrodálódását kísérletekkel, – a vasalásmentén a korrózió hatására repedezett – betonpróbasabokból kiemelt acélbetéteken vizsgálták. A karbonátosodott betonhasábokból kivett acélbetétek külső átmérője 8,3 mm, a rozsdá eltávolítása után a maradék-átmérő mintegy 5,0 mm volt. Az előrozsdásítás után mért 0,5 mm-es rozsdaréteg-vastagság 1,65 mm-re nőtt $\{(8,3 - 5,0)/2 = 1,65\}$, amelyből a $k_{\text{karbonátosodási}}$ karbonátosodási kísérleti rozsdátérfogatnövekedési tényező: $k_{\text{karbonátosodási}} = 1,65/0,5 = 3,3$.

A karbonátosodási kísérleti rozsdá-térfogatnövekedési tényezőjének $k_{\text{karbonátosodási}} = 3,3$ értéke a rozsdá-összetevők 1.5.A1. táblázatban látható moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényezőinek (Fe_2O_3 esetén: 2,14; Fe_3O_4 esetén: 2,10; Fe(OH)_2 esetén: 3,71 és Fe(OH)_3 esetén: 4,82) súlyozott átlagaként értelmezhető. Mintegy $k_{\text{karbonátosodási}} = 4,0$ értékűnél nagyobb karbonátosodási rozsdá-térfogatnövekedési tényező általában nem várható ($k_{\text{karbonátosodási}} \leq 4,0$), (Weizhong et al., 2010).

Hüttl és szerzőtársai szerint (2009) az acélbetét korrózióelleni védelméhez a beton 91 napos korában, 100 g kötőanyagra vonatkoztatva legalább 3 g Ca(OH)_2 (szabad kalcium-hidroxid, portlandit), azaz 3 tömeg% portlandit/kötőanyag szükséges. Az oldott korrozív anyagok behatolása ellen a beton, illetve a betonfedés akkor ad védelmet, ha a beton porozitása kisebb, mint 11 térfogat% (Hüttl et al., 2009).

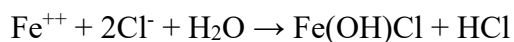
A karbonátosodás várható mértéke szerint a betonokat az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti XC1, XC2, XC3 vagy XC4 környezeti osztályba kell sorolni.

Mind a beton karbonátosodása, mind a káros kémiai hatások veszélyének csökkentése érdekében a kellő tömörségű beton betonfedése feleljen meg az MSZ 4798:2016 szabvány N mellékletében foglaltaknak. A betonfedéssel részletesen *könyvünk 6. fejezetében* foglalkozunk.

Az acélbetét korrózióját fokozza, ha betonban lévő víznek *sótartalma* van, vagy más szóval, ha az acélbetét sós vizes oldatával, illetve negatív töltésű savmaradék-ionokkal (például: Cl^-) érintkezik, mert a sós oldatok az elektromos áramot a tiszta víznél jobban vezetik, és ezáltal meggyorsítják a vasionok kilépését az acél kristályos rácsszerkezetéből.

Kloridkorrózió esetén a például jégolvasztósókból vagy sós vízből, tengervízből, a tengerparti sós levegőből eredő kloridionok (Cl^-) jelentős korrózió fokozó hatása abban áll, hogy egyrészt a kloridionok az acélbetétet a korróziótól egyébként védő *passzív védőrétegen* átdiffundálnak, másrészt az elektromos töltések kiegyenlítését előmozdítják, miáltal az acél felületén megjelent fémionok okozta polarizáció megszűnik. A kloridionok a képződött Fe^{++} ionokkal vízben oldható $(\text{Fe} \cdot \text{Cl}_4)^-$ vagy $(\text{Fe} \cdot \text{Cl}_6)^{--}$ klorokompleumokat hoznak létre, és ezzel akadályozzák a nehezen oldódó oxidhidrátok keletkezését, amelyek a korrózió folytatódását meggátolnák (Balázs, 2010), (Benedix, 2008).

Kloridionok jelenléte esetén az oldatban ment vasionok (Fe^{++}) a kloridionokkal (Cl^-) sósav (HCl) képződése mellett reakcióba lépnek, miáltal az acélfelület egy pontjának (korróziós pont $\rightarrow$ lyukkorrózió, pontkorrózió) környezete erősen savassá válik ($\text{pH} \leq 5$):



Az acélbetét kloridkorróziója lyukkorrózió, amelynek jellemzője, hogy – a karbonátosodási acélbetét korrózióval ellentétben – nem egyenletes felületi korrózió, hanem olyan, amely esetén az acélbetét felületén kráteralakú, a lyukátmérőnél általában mélyebb lyukak keletkeznek.

Weizhong és társai (2010) a betonacél próbapálcák korrózióját 20 g/liter kloridion- (Cl^-)-tartalmú nátrium-klorid (NaCl) elektrolit-oldatban vizsgálták, és arra az eredményre jutottak, hogy a kloridkorróziós rozsdá

- k_{mol} elméleti, moláris rozsdá-térfogatnövekedési tényezője 2,1 (Fe_3O_4) és 6,5 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) közötti érték (lásd az 1.5.A1. táblázatot),
- míg a $k_{\text{kloridkorróziós}}$ kloridkorróziós kísérleti rozsdá-térfogatnövekedési tényező értéke 2,7 és 7,5 közé esik.

A $k_{\text{kloridkorróziós}}$ kloridkorróziós kísérleti rozsdá-térfogatnövekedési tényezőt a következő összefüggéssel határozták meg:

$$k_{\text{kloridkorróziós}} = \frac{V_3}{V_1 - V_2}$$

ahol:

V_1 = a kísérleti betonacélpróbatest eredeti térfogata;

V_2 = a betonacél térfogata az elektrolízises kísérlet után, miután a felületről a rozsdát lemosták;

V_3 = az eltávolított, összegyűjtött és kiszáritott rozsdá térfogata.

A kloridkorróziós kísérlet a varakozásnak megfelelően egyenetlen vályús-, illetve lyukkorróziót eredményezett. A rozsdá fő összetevője $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ és Fe_3O_4 (magnetit) volt, de kisebb mennyiségben Fe_2O_3 (hematit, akagenit vagy maghemit) és $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (például limonit) is előfordult a rozsdában, amelynek a színe közvetlenül az elektrolízis után fekete volt.

A rozsdá 2-5 napig tartó szárítása során bizonyára a további oxidáció folytán a felületén vörösesbarna, belül fekete színű levelesrozsdá rozsdá jelent meg, miközben a rozsdá sűrűsége (anyagsűrűsége) 3,8 g/cm³-ről 2,4 g/cm³-re csökkent, a $k_{\text{kloridkorróziós}}$ kloridkorróziós kísérleti rozsdá-térfogatnövekedési tényező pedig 2,7-ről 7,5-re, tehát jelentősen növekedett. A tartósan nedves betonban a $k_{\text{kloridkorróziós}}$ tényező viszonylag kicsi, hiszen az acélbetét környezete nem

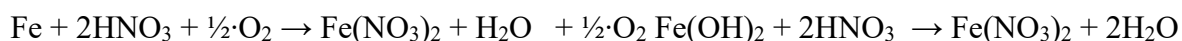
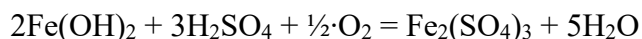
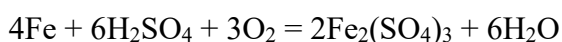
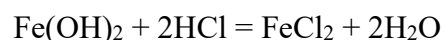
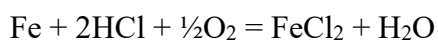
száraz; ha azonban a beton nedvességtartalma változik, akkor a $k_{\text{kloridkorrozios}}$ tényező a száraz állapotnak megfelelően nagyobb értéket vesz fel (Weizhong et al., 2010).

Hüttl és szerzőtársai szerint (2009) a klorid-behatolás ellen olyan tömör betont kell készíteni, amelynek a klorid-diffúziós együtthatója kisebb, mint $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$.

Az acélbetétek védelme érdekében a kloridtartalmú vízzel érintkező betonokat az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti XD1, XD2 vagy XD3 környezeti osztályba kell sorolni, és beton összetételét ezek feltétele szerint kell megtervezni és összeállítani, figyelembe véve az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványbeli módosítást is.

Az acélbetétet körülvevő beton lúgossága savak hatására is megszűnhet, az így vagy másképp passzív védőréteget vesztett betonacélhoz a savak hozzáférnek.

A lúgosságát és a szervetlen (ásványi) savak – mint például a *sósav* (HCl), a *kénsav* (H₂SO₄) és a *salétromsav* (HNO₃) – hatására szilárdságát veszített cementkőben (Haist et al., 2011), (Steiner, 2011) a vas, illetve a vashidroxid (Fe(OH)₂) a savval reakcióba lép:



A szervetlen savak közül például a kénsav és salétromsav a hígtrágya-tárolókban együtt is képződhet, és károsíthatja a vasbeton hígtrágya-tárolók betonját és acélbetétjét (Haist et al., 2011).

A *kénhidrogén gáz* (H₂S), amely kéntartalmú szénvegyületek (fehérjék) rothadásakor képződik, önmagában (levegőtől elzártan, vasbetontartályban) nem káros a betonra. Levegőn, illetve nedvesség hatására azonban a kénhidrogén korrozív kénsavvá alakul. Ez a folyamat, ha a kénhidrogén gáz behatol a betonba, akkor a beton tömörségétől, nedvességtartalmától függően a beton kapillárisaiban is lejátszódhat, és az acélbetétet is károsíthatja.

Nemcsak a beton, hanem az acélbetét korrózióját is okozhatják például a gyárkémények forró, kéndioxid-tartalmú füstgázainak kondenzációjából keletkező savas folyadékok (Kausay et al., 1986), vagy például azok a savas folyadékok, amelyek a széntüzelésű erőművek hűtőtornyaiban, az oda bevezetett füstgázok kéntelenítés ellenére visszamaradt szén-dioxid-tartalmának (SO₂) és a vízgőznek reakciójából keletkeznek és kondenzálódnak (Hüttl et al., 2009). Németországban CEM II/S-S 42,5R-NA portlandcement, szárazégetésű-, valamint finompernye, PCE (polikarboxilat-éter) alapú adalékszer és 16 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyag összetevőjű, XA3 (nálunk XA6(H)) környezeti osztályú – Materialprüfungsanstalt MPA Berlin Brandenburg GmbH, CEMEX Deutschland AG és CEMEX OstZement GmbH tervezte – betonból építettek hűtőtornyokat (Hüttl et al., 2009).

Az erjedő mezőgazdasági termények silóiban és a hígtrágya-tárolókban képződő szerves savak – mint például az *ecetsav* (CH₃COOH), a *vajsav* (C₄H₈O₂), a *propánsav* (propionsav, C₃H₆O₂), a *tejsav* (C₃H₆O₃), az *oxálsav* (C₂H₂O₄) – olykor a szervetlen savaknál is erősebben veszélyeztetik a beton és az acélbetét épségét (Haist et al., 2011), (Steiner, 2011), (Erdélyi et al., 2018).

A szennyvizekkel érintkező vasbetonszerkezetek betonját, és ezáltal az acélbetéteket is, a *biogén kénsav* okozta korrózió veszélye fenyegeti. A szennyvíz csatorna stb. oxigén hiányos részén élő anaerob baktériumok a szennyvízben oldott szulfátionokat (SO₄²⁻) kénhidrogénné (H₂S) redukálják, amelyet a csatorna falán a biofilmben élő aerob baktériumok (thiobacilusok) oxigén jelenlétében szulfátionná (SO₄²⁻), illetve a betonra és az acélbetétre erős korrozív hatású kénsavvá (H₂SO₄) oxidálnak.

A biogén kénsav és a szervetlen kénsav okozta korrózió folyamata lényegében egyformán zajlik le, de biogén kénsav korróziós hatása erősebb, mint a szervetlen kénsavé. Kísérletekkel

kimutatták, hogy a baktériumok és a gombák a kénsav mellett ecetsavat, vajsavat, tejsavat és oxálsavat is termelnek, és ezzel a korróziót gyorsítják. A gombák mindemellett a beton karbonátosodási sebességét is növelik (*Haist et al.*, 2011).

Hüttl és szerzőtársai (2009) 12 héten át tároltak betonpróbatesteket 3,5 pH-értékű kénsavban (H_2SO_4), és azt tapasztalták, hogy a beton átlagos károsodási mélysége mintegy 1,1-1,3 mm.

Nem szabad megfeledkezni arról, hogy a *lágyszivcs* is okoznak beton- és acélbetét-korróziót. Például a természetes szellőzésű, nedves üzemű *hűtőtornyok* felső részét elsősorban a gőzből kondenzálódott lágyszivcs támadja meg; a lecsökkent pH-értékű és megváltozott szövetszerkezetű betonban az acélbetét is korrodálódik (*Kausay et al.*, 1986).

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány szerint a természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek okozta kémiai korrózió hatásának kitett betonokat a megfelelő XA1, XA2 és XA3, a szennyvizek, valamint egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió hatásának kitett betonokat pedig a megfelelő XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba kell sorolni, amelyekre vonatkozólag lásd az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványbeli módosításokat is.

A fémek és ötvözetek korróziójának fogalmait az MSZ EN ISO 8044:2020 szabványban angol nyelven, a visszavont MSZ EN ISO 8044:2003 szabványban magyar, francia, angol és német nyelven lehet megtalálni.

A DIN EN ISO 8044:2015 szabványban a fémek és ötvözetek korróziójának fogalmait három nyelven, németül, angolul és franciául adták meg. A korábbi DIN 50900-1:1982 és DIN 50900-2:2002 szabványt az európai szabvány megjelenése kapcsán visszavonták.

Az acélbetét korróziójának alapvetéseit *Hunkeler* (1994, 1998, 2012, 2019) és *Nürnberg* (1995) fogalmazta meg.

Lásd még: Betonkorrózió, Biogén kénsav okozta korrózió, Duzzadási betonkorrózió, Karbonátosodás, Korrózió, Oldódási betonkorrózió, Savak okozta betonkorrózió, Tartósság

Acél duktilitása, alakíthatósága

Lásd: Betonacél duktilitása, alakíthatósága

Acélgyártás, vasgyártás

Az acélgyártás terméke az olvadt állapotú acél, az acéolvadék. (*Palotás*, 1979, 2. kötet), (*Óvári szerk.*, 1985)

Az acélgyártás a vasgyártásból fejlődött ki, amely a legősibb mesterségek egyike. A **vas szó** például szanszkrit nyelven: ajasz, góthul: aisz, latinul: aes, németül: Eisen, finnül: vaske (rész), észtül: vask (rész), írták *Czuczor Gergely*⁸ és *Fogarasi János*⁹ akadémikusok (*Czuczor et al.*, 1862-1874). *Veres* (1997) szerint a magyar vas szó az észak-kaukázusi dagesztáni nyelvekből ered.

A vas ércéből való kinyerése Közép-Ázsiából indult el, Európába a rómaiak közvetítésével jutott el. Ekkor **közvetlen vaskohászati műveleteket** alkalmaztak, amelyekkel az ércből nyersvas előállítás nélkül, közvetlenül készítették a vaseszközöket.

Az ókorban (lényegében az egyiptomi, görög és római birodalmak fennállásának időszaka, Kr. u. 476-ig), és az azt követő középkor (hozzávetőlegesen az V. század – XV. század időszaka)

⁸ *Czuczor Gergely* (1800, Andód – 1866, Pest), bencés szerzetes, költő, nyelvtudós, a Magyar Tudományos Akadémia tagja. *Jedlik Ányos* (1800, Szímő – 1895, Győr) bencés szerzetes, természettudós, feltaláló, gimnáziumi tanár a másodunokatestvére, gyermekkori osztálytársa volt.

⁹ *Fogarasi János* (1801, Kázmárk – 1878, Budapest) nyelvtudós, jogász, zeneszerző, néprajzkutató, a Magyar Tudományos Akadémia tagja.

legnagyobb részében a vasat a kezdetleges **bucakemencékben** (németül: **Rennfeuer, Rennherd**) olvasztották. Ezek domboldalba vájt, tűzálló agyaggal kitapasztott üregek voltak, amelyek aljába fújtatónyílás vezetett. A fújtatót kézzel vagy lábbal hajtották. Az idők folyamán a bucakemencék **aknás kemencékké** fejlődtek, amelyeket nagy vízikerekekkel hajtott bőrfújtatókkal szereltek fel. (*Lósy-Schmidt et al., 1928*), (*Berei szerk., 1962*)

A bucakemencék fenekén égő **faszéntűz** a rárakott vasércet a kis szélnyomás és hőmérséklet következtében megolvasztani nem tudta, folyékony vas nem, csak képlékeny **buca, vasgomolya, lupa** (angolul: iron bloom; németül: Eisenluppe, Luppe) keletkezett, amelyről a salakot kalapácsolással távolították el. A vasgomolyát, lupát szivacszerű formája után nevezik **kivirágzásnak** (angolul: blomm), a bugakemencét pedig **lupatűz kemencének, frissítő kemencének** (angolul: bloomery furnace; németül: Rennfeuerofen). A hámból kikerülő bugából (angolul: billet; németül: Barre, Gänz) eredetileg finomrúd, szegrúd, abroncsrúd, patkórúd vagy szeráru készült. (*Lósy-Schmidt et al., 1928*), (*Vidovszky, 2007*)

A nem kovácsolható **buca** készítésére alkalmas, kezdetleges, faszénnel fűtött bucakemencét a XV. század végét követően **frisstűzi kemencék** (a német **Frischfeuer** szó után) váltották fel. A frisstűzi kemencében a faszénrétegbe erőteljesen levegőt fűjtak, és az így kialakult tűztérben a megolvadt vasérc szén, szilícium, mangán összetevői jórészt kiégtek, oxidálódtak. (*Osztatni, 1982*)

A faszén tüzelésű, bucát (vasgomolyát, lupát) eredményező frisstűzi kemencét a XVIII. században megjelent **kavarókemencék** (angolul: **puddling furnace**; németül: Puddelofen) egyre inkább háttérbe szorították. Kezdetekben a kavarókemencékben a tézstaszerű vasércolvadékot hosszú rudakkal forgatták – innen az elnevezése (angolul: **puddling process**; puddling, puddle = kavarni) –, majd később az időközben kifejlesztett gépekkel mozgatták. A bucavas- és kezdetekben a kavartvasgyártás még lényegében tudományos felismerés nélküli, nemzedékről nemzedékre átadott mesterség volt. (*Osztatni, 1982*)

Megjegyzés: A kavarókemencét nem szabad összetéveszteni a főképp régebben alkalmazott **keverőkemencékkel**, amelyekben a nyersvasat tárolták további feldolgozásig. (*Lósy-Schmidt et al., 1928*)

Az első **koksszal** működő kohószerű olvasztókemencét *Abraham Darby*¹⁰ fejlesztette ki és helyezte üzembe 1709-ben a Shropshire-i Coalbrookdale nevű kisvárosban. (Megjegyzés: A kokszt a kőszén légmentes hevítése után visszamaradó tüzelőanyag: kemény, lyukacsos, füst és korom nélkül ég, fűtőértéke nagy.) A koksztégre a faszénnél nagyobb szilárdsága folytán több vasérc rakható, növelve ezzel a készített vas mennyiségét; az ilyen olvasztókemence 30 méternél is magasabb lehet (<https://steelstory.wordpress.com>). *Darby* elsőként alkalmazott a levegő befújására **hengeres fűvógépet**, amellyel nagyobb szélnyomást lehetett elérni. (*Lósy-Schmidt et al., 1928*)

A **visszaverődéses kemence** (angolul: **reverberatory furnace**; németül: Flammofen) – mint a **lángkemencék** korai változata – olyan kavarókemence, amelyben a külön álló tűztérből felszálló forró levegőt a boltozat veri vissza olvasztómedencében lévő vasércre (<https://steelstory.wordpress.com>). Az első **kőszéntüzelésű visszaverődéses lángkemencét** **kavartvasgyártásra** a *T. és D. Cranedge* testvérek építették 1766-ban. (*Osztatni, 1982*), ([https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Puddle+\(disambiguation\)](https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Puddle+(disambiguation)))

¹⁰ *Abraham Darby*, leszármazottaitól megkülönböztetésül *Abraham Darby I.*-nek is nevezett (1678, Woodsetton, Egyesült Királyság – 1717, Madeley Court, Telford, Egyesült Királyság) angol kohász-mester, aki az első koksszal működő olvasztókemencét 1709-ben kifejlesztette és működtette. *Abraham Darby I.* nagyapja *Abraham Darby III.* (1750, Coalbrookdale, Shropshire, Egyesült Királyság – 1789, Coalbrookdale, Shropshire, Egyesült Királyság) kohász- és építőmesternek, aki 1768-ban átvette a családi Coalbrookdale-i vasmű vezetését, és 1779-ben megépítette a világ első öntöttvashídját, amely a Shropshire-i Madeley és Coalbrookdale városokat kötötte össze a Severn folyó felett.

Abban az időben, annak ellenére, hogy a vasgyártást *A. Darby* faszéntüzelésről koksztüzelésre, majd a *T. és D. Cranedge* testvérek a koksztüzélést kőszéntüzelésre állították át, megfelelő minőségű salaktalanított, „szénmentesített” (angolul: decarburized, decarbonized; németül: dekarbonisiert durch Entkohlung) vasat csak fáradtságos kovácsolással tudtak készíteni. *H. Cort*¹¹ a visszaverődéses kavarókemencés öntöttvasgyártást 1783-1784-ben egyebek mellett rovátkolt rúdhengerek (angolul: grooved roller; németül: gerillte Eisenrolle) alkalmazásával tökéletesítette, és ezzel kiváltotta a vasgomolyák kalapácsolását. (*Lósy-Schmidt et al.*, 1928), ([https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Puddle+\(disambiguation\)](https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Puddle+(disambiguation)), (<https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Henry+Cort>), (https://hu.wikipedia.org/wiki/Henry_Cort), (https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cort)

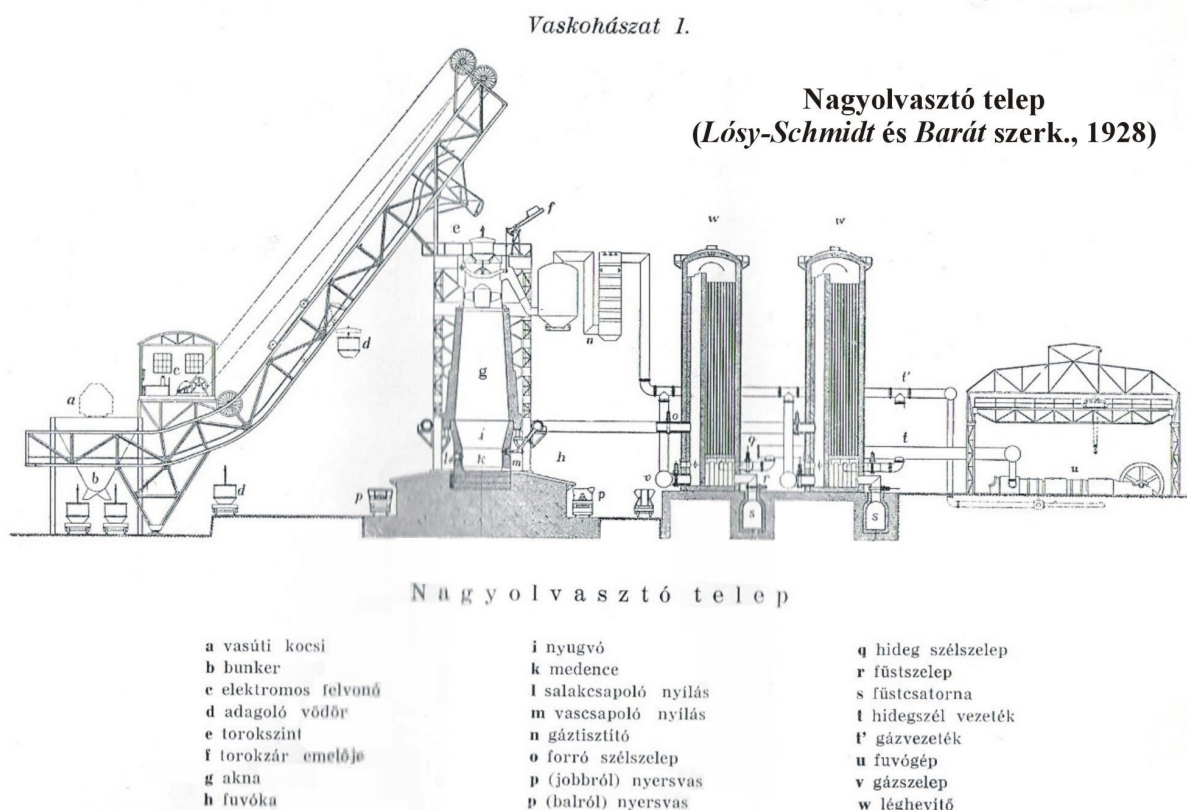
*Joseph Hall*¹² koházmester 1806-ban a salakból gyűjtött vasmaradványokat visszaadagolta a kavarókemencébe, miáltal a vaspép (angolul: iron puddle; németül: Eisenpuddel) forrni kezdett, mert a kemencében lévő oxigén reakcióba lépett a visszajuttatott salakos vasban lévő nagy mennyiségű szén. *J. Hall* az olvadt vasérc szén-, szilícium-, foszfor- és mangántartalmát lényegében az olvadék vasoxid-tartalmának növelésével csökkentette. Az eljárás 0,08 tömegszázaknál kisebb széntartalmú kovácsoltvasat (angolul: wrought iron; németül: Schmiedeeisen) eredményezett, amely nem rideg, törékeny, hanem hajlékony, és az öntöttvasnál szilárdabb, keményebb volt. A *Hall*-féle módszert angolul „pig boiling” vagy „wet puddling” eljárásnak is nevezik. Az ilyen módon működő kemencéket a német irodalomban *Hall-Ofen* (Hallofen) néven említik (<https://steelstory.wordpress.com>), ([https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Puddle+\(disambiguation\)](https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Puddle+(disambiguation)).

A kavartvasgyártás a fejlett országok mennyiségi és minőségi igényeit egyre kevésbé tudta kielégíteni. Az ennek orvoslására egyre-másra épülő nagyolvasztók fokozatos térhódításával a közvetlen vasgyártást folytató régi mesterségbeli kemencék létfeltételei egyre jobban beszűkültek, és végül működésüket beszüntetni kényszerültek. A nagyolvasztók már a többlépcsős vas-és acélgyártás első elemét képezik (1.5.A2. ábra). Nyersanyaguk a vasérc, termékük a nyersvas. (*Gömöri*, 1903), (*Berei szerk.*, 1962)

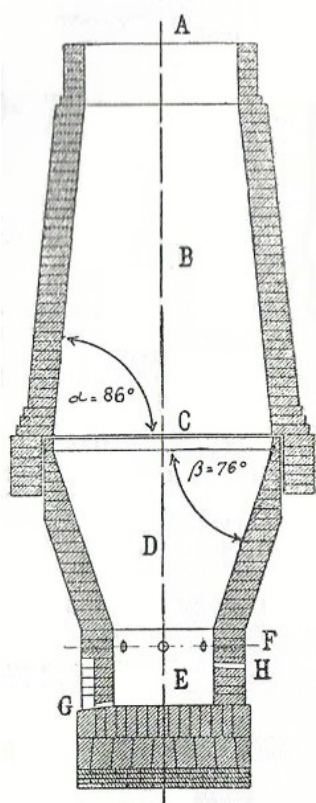
A nyersvas széntartalma több, mint 1,7%, szemben a nyersvasból gyártott kovácsolható vassal, kovácsoltvassal, kovácsvassal, amelynek a széntartalma kevesebb, mint 1,7% (*Lósy-Schmidt et al.*, 1928). A kovácsolható vas, kovácsoltvas, kovácsvas mai értelmezésünk szerint acélnak tekintendő (*Dunaferr*, 2000).

¹¹ *Henry Cort* (1740, Lancaster – 1800, London), angol kohász. Fiatal koráról keveset tudni, 1768-ban megnősült, 13 gyermeke született. 1765-1775 között a királyi tengerészet polgári alkalmazottja volt. Ekkor szembesült azzal, hogy Nagy-Britannia a jó minőségű acélt külföldről kényszerül beszerezni, ami arra ösztönözte, hogy 1775-ben, Portsmouth kikötőjében többet magával kovácsüzemet és hengerművet alapítson. *Cort* az öntöttvas finomítására szolgáló kavaró eljárás továbbfejlesztett változatát 1784-ben szabadalmaztatta. Sikerei ellenére a vállalkozása tönkrement, és öregkorában részlegesen élt. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Henry_Cort), (https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cort)

¹² *Joseph Hall* (1798-1862) angol, tiptoni koházmester, aki az 1830-as években a *Cort*-féle kavaró eljárást salakadagolással fejlesztette, és ezzel jó minőségű kovácsoltvasat gyártott. *Hall* 1830-ban mások anyagi támogatásával megalapította a tiptoni Bloomfield Vasművet, amely 1834-ben a Bailey, Barrows és Hall nevet vette fel. (<http://www.tiptoncivicsociety.co/p/a-brief-history-of-tipton.html>)



1.5.A2. ábra: Nagyolvasztó telep (Lósy-Schmidt et al., 1928).



A nagyolvasztó egy *aknáspest**. A redukálható vasércet, tüzelőanyagot és a salakképző anyagokat

A = *torkon* adjuk a kemencébe, hogy a felfelé törekvő gázáram sokáig érintkezzék az ércekkel.

B = *akna*, amely lefelé bővül és legnagyobb átmérőjét a...

C = *szénpohában*** éri el. A bő szénpohát (C) a...

D = *nyugvó* (németül – Scholz és szerzőtársai (2011) szerint – Rast) köti össze a szűk...

E = *medencével*, amelyben a folyékony nyersvas és salak összegyűlik. A medencéből (E) a nyersvas a...

G = *csapolólyukon*, a salak pedig az...

F = *fúvóöv* alatt fekvő, kasokkal felszerelt...

H = *salaknyíláson* távolítható el. (Lósy-Schmidt et al., 1928).

* *aknáspest* → *pest* = kemence, tüzelő hely. Hihetőleg innen – vagy talán tégláégető kemencéktől – vette nevét Pest, melynek főntelme megfelel az átellenben fekvő Buda német nevének: Ofen = kemence, kohó (Czuczor et al., 1862-1874)

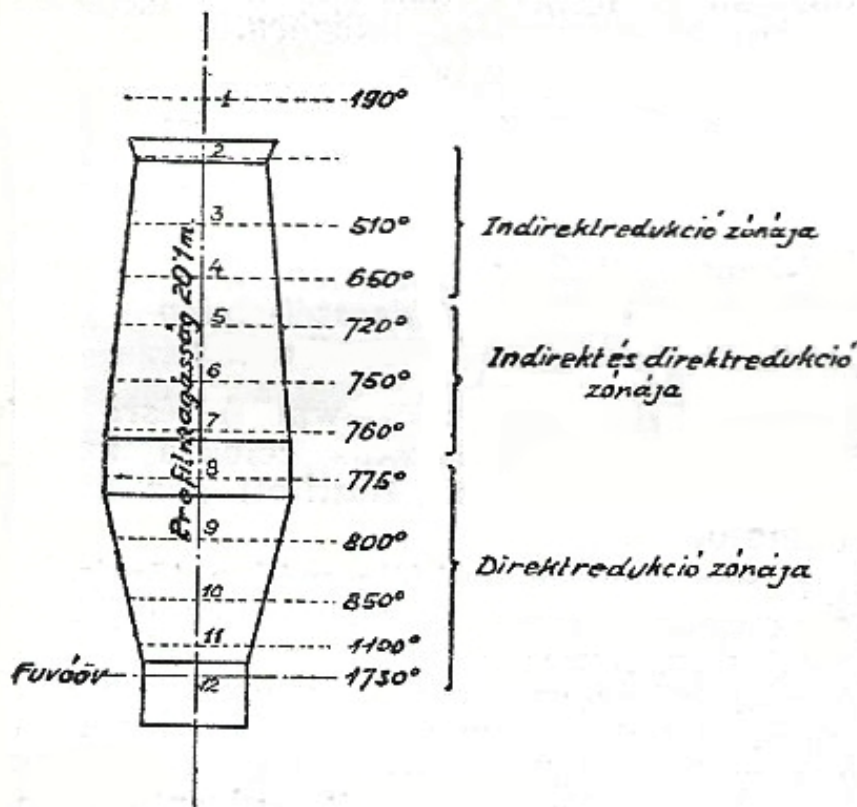
** *szénpoha* → *poha* = vastag, pohos, puffatag (Czuczor et al., 1862-1874)

1.5.A3. ábra: A nagyolvasztó keresztmetszete (Lósy-Schmidt et al., 1928).

Megjegyzés: Az **elektromos-fűtésű nagyolvasztó** medencéje a koksztüzelésű nagyolvasztó medencéjénél sokkal nagyobb. Az elektronagyolvasztó egész melegsükségletét a bevezetett elektromos energia fedezi, és a beadott kokszt csak az ércek redukcióját és karbonizációját végzi el. Az elektronagyolvasztóban vasforgácsot, ócskavasat is megolvasztanak és szén

hozzáadásával karbonizálják. Ezzel az eljárással igen kiváló minőségű nyersvasat lehet gyártani. A nyersvas széntartalma több, mint 1,7% (Lósy-Schmidt et al., 1928).

Az anyagoszlop mozgását a nagyolvasztóban úgy képzelhetjük el, hogy az érc, a kokszt és mészkőrétegek, amelyek fent egészen vízszintesek, egymáson lefelé haladva a közepükön mindinkább behorpadnak, úgyhogy egy bizonyos idő múlva lefelé irányuló hegyes tölcséreké válnak (Lósy-Schmidt et al., 1928).

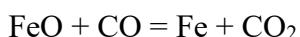
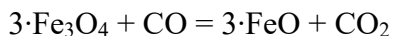
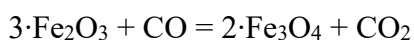


A nagyolvasztó legfelső szintjén ($\approx 150^\circ\text{C}$) a beadott anyagok megszáradnak; az alatta lévő szintben ($\sim 150\text{-}450^\circ\text{C}$) a kémiai kötött víz távozik el; lejjebb, $\sim 450\text{-}800^\circ\text{C}$ között a vaspátból (FeCO_3), mészkőből (CaCO_3) felszabadul és távozik a széndioxid (CO_2). Az ily módon oxidokra változott vasérc redukciója $\sim 800^\circ\text{C}$ hőmérséklet felett indul meg.

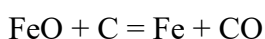
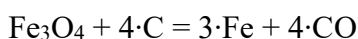
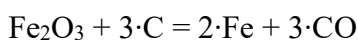
1.5.A4. ábra: Hőmérséklet a koksztüzelésű nagyolvasztó zónáiban (Lósy-Schmidt et al., 1928).

A vas-oxidok nagyolvasztóban zajló redukcióját közvetett (indirekt) és közvetlen (direkt) redukcióként szokták tárgyalni (1.5.A4. ábra). (Lósy-Schmidt et al., 1928)

A vas-oxidok közvetett (indirekt) redukciója szénmonoxid (CO) végezte többfokozatú folyamat, amelyben a vasérc széndioxid (CO_2) fejlődése mellett fokozatosan veszt el az oxigén-tartalmát: a vas(III)-oxid (Fe_2O_3 , ferri-oxid, vörösvasérc, hematit vagy maghemit) először vas(II,III)-oxiddá (Fe_3O_4 , ferro-ferri-oxid, magnetit), majd az utóbbi vas(II)-oxiddá (FeO , ferro-oxid, wüstit), az pedig végül „tiszta” vassá (Fe) alakul (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Óvári szerk., 1985):



A vas-oxidok közvetlen (direkt) redukciója során az izzó kokszt széntartalma (C) a vasoxidokat külön-külön alakítja „tiszta” vassá (Fe), miközben szénmonoxid (CO) fejlődik:



Megjegyzés: A régebbi irodalomban a vas(II)-oxidot (FeO , ferro-oxid, wüstit) „vasoxidul”-nak, a vas(II,III)-oxidot (Fe_3O_4 , ferro-ferri-oxid, magnetit) pedig „vasoxiduloxid”-nak is nevezték

(Péché, 1891).

Az oxidjaiból kivált vas az izzó kokszból annál több szenet vesz fel, minél nagyobb a hőmérséklet; majd mikor a vasban oldott szén mennyisége elegendően nagy ahhoz, hogy a vas-szén ötvözet az adott hőmérsékleten cseppfolyóssá váljék, a nyersvas megolvad, és alul, a nagyolvasztó medencéjében gyűlik össze (1.5.A3. és 1.5.A4. ábra), (Lósy-Schmidt et al., 1928).

A nagyolvasztóban a nyersvas mellett az ércek meddőjéből és a beadagolt pótlékanyagokból salak, úgy nevezett nagyolvasztósalak, kohósalak is képződik. A nagyolvasztósalak (kohósalak) sűrűsége 2,5 és 3,0 kg/m³ között van, és a vas és salak közötti nagy fajsúlykülönbség következtében a fém és a salak könnyen különválnak. A kohósalaknak mész-, agyag-, szilikát-oldat, kevés vas-, mangán-, továbbá igen csekély alkália- és szulfid-tartalma van. A kohósalak aszerint, hogy benne a sav vagy bázis jut túlsúlyra, savas vagy bázisos, vagy ha az alkotók egymást semlegesítik, akkor neutrális-salak. A kohósalak savgyökei: SiO₂, Al₂O₃ és P₂O₅; bázisai: CaO, MgO, MnO és FeO. Más osztályozás szerint a kohósalak lehet szilikát-, foszfát- vagy oxidsalak, aszerint, hogy kovasav, foszforsav, vagy fénoxidok vannak benne túlsúlyban. A nagyolvasztósalakokban (kohósalakokban) az O/Si viszonyszám többnyire 3,5, ezért azokban az Si₂O₇⁶⁻ komplex szilikát-anion alkotja a fő szerkezeti elemet. A kohósalakok általában kalcium-szilikátok. (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Óvári szerk., 1985)

A nagyolvasztóban (kohóban) vasércből tüzi úton előállított nyersvasat – amelynek széntartalma általában 3-5 tömeg%, és állagát tekintve forró, önthető, de nem alakítható, nem kovácsolható, lehűlve rideg, törékeny közbenső termék – az acélműben (vas- és acélgyárban) dolgozzák fel késztermékké.

A nagyolvasztó és acélmű közé olykor keverőkemencét iktatnak (Lósy-Schmidt et al., 1928), amely keverőkemence nem tévesztendő össze a kavartvasgyártás XVIII.-XIX. századbeli kavarókemencével. A keverőkemencék alkalmazásának az eredeti célja az volt, hogy a nyersvas kéntartalma hosszabb nyugodt állás mellett kiváljon és a salakba menjen. Rendkívüli nagy befogadóképességük (100-300 tonna) mellett előnyük, hogy a nagyolvasztó nem kénytelen szilárd nyersvasat önteni akkor sem, ha az acélműnek folyékony nyersvasra nincs szüksége; viszont az acélműnek akkor is rendelkezésére állt folyékony nyersvas, ha a nagyolvasztó ideiglenesen nincs üzemben. További előnye a nyersvascsapolások egyenletessé tétele, valamint, hogy a frissítési folyamat már fűtött keverőkemencében megindul. (Lósy-Schmidt et al., 1928)

A nagyolvasztóbeli nyersvasgyártással terjedt el a nagyolvasztó termékének, a nyersvasnak a finomítása, a nyersvas-frisselés, amely a többlépcsős vas- és acélgyártás második elemét képező vas- és acélgyári, acélművi kemencékben játszódik le. Finomításnak, frisselésnek, frissítésnek, oxidáló eljárásnak, lefűvatásnak a folyékony nyersvas szén- (karbon-), mangán-, szilícium-, foszfor- és kéntartalma – a gyártandó vas vagy acél minőségi előírásainak megfelelő mértékű – csökkentésének összetett metallurgiai folyamatát nevezik. (Osztatni, 1982)

Angliában 1856-ban Henri Bessemer¹³ kidolgozta a folyékony nyersvasból „alakítható vas és acél gyártása tüzelőanyag nélküli” eljárását. A folyékony nyersvasat körte alakú edényben – amelyet Bessemer a latin converto = átalakító szóból származó angol szóval, „converter”-nek

¹³ Henri Bessemer (1813, Charlton, Egyesült Királyság – 1898, London) angol, egyetemi tanulmányokat nem folytatott, rendkívül sokoldalú, sikeres feltaláló. 1838 és 1883 között 129 szabadalmat jelentett be, főleg a vas-, acél-, üveg-, cukor- és hadiipar területén. A krími háború kitörése idején (1853) Bessemer pörgő lövedékekkel kísérletezett, és a megfelelő ágyúcsövekhez szükséges, az akkori kavartvasnál nagyobb szilárdságú acél konvertes, szélfrissítési gyártásmódját saját vasgyárában (Bessemer Steel Works) dolgozta ki. Bessemer 1871-1873 között elnöke volt Nagy-Britannia Vas-és Acélipari Intézetének, 1877-ben felvették a Királyi Természettudományos Társaságba (Royal Society), 1879-ben lovaggá ütötték, 1891-ben a skót mérnökök és hajóépítők intézetének tiszteletbeli tagjának választották, 1895-ben pedig az Amerikai Akadémia (American Academy of Arts and Sciences) tagja lett. Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Henry_Bessemer

nevezett – alulról levegővel fúvatta át, és a levegő oxigéntartalmának a hatására a nyersvas szénttartalmát (karbon-tartalmát) a szükséges mértékre tudta lefúvatni (oxidálni = frissíteni). Az eljárást szélfriessítésnek, esetleg „bessemerezés”-nek is nevezik. A Bessemer-konvertert szilikatéglával falazzák (savanyú-bélésű konverter), ezért a Bessemer-konverterben nincs lehetőség a foszfortalanításra és kéntelenítésre. A nagy nitrogén és foszfortartalom csökkenti az acél ütőszilárdságát és hegeszthetőségét, valamint növeli öregedési hajlamát és szilárdságát. (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Osztatni, 1982)

A nagy foszfortartalmú nyersvasak acéllá való feldolgozására alakította ki eljárását Angliában Sidney Thomas¹⁴ 1878-ban. Thomas érdeme, hogy elsőként alkalmazta a köszénkátrány kötésű dolomitteglákkal készített bázikus tűzálló bélést, amely lehetővé tette a nyersvas foszfortalanítását. A Thomas-féle bázikus-bélésű konverteres frissítést „thomasirozás”-nak is nevezik. (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Osztatni, 1982)

A Bessemer- és a Thomas-eljárással általában minden ipari célra szolgáló acélféleséget le lehetett gyártani, a 0,1% C tartalomtól az 1,0% C tartalomig. Azonban a minősége nem volt oly kitűnő, mint később a Siemens-Martin-kemencéből gyártott acéloké, mert az acélfürdőt nem lehetett a vasoxidoktól annyira mentesíteni (desoxidálni → dezoxidálni), mint azt később az acélfajtáknál már megkivánták. (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Zsák, 1950)

Németországban az 1972-ig érvényben volt DIN 488:1972 szabványban a GU és RU (sima: G = Glatt, bordázott: R = Gerippt, kezeletlen: U = Unbehandelt) jelű sima és bordázott kezeletlen betonacélok szén-, foszfor-, kén-, nitrogén-tartalmát nem korlátozták. Ezek nagy részét az 1960-as évekig gyártották Thomas-eljárással, amely nagy foszfor- és nitrogén-tartalmú betonacélokat eredményezett. (Schnell et al., 2012)

A fenn említett köszéntüzelésű Cranedge-féle lángkemencét Carl Wilhelm Siemens¹⁵ 1847-ben a forró levegő és forró gáz előállítására szolgáló regenerátorrácsokkal korszerűsítette, amelyre alapozva 1856-ban Franciaországban Pierre-Émile Martin¹⁶ a kavartvasgyártás

¹⁴ Sidney Gilchrist Thomas (1850, Canonbury, London – 1885, Párizs) angol technikus, feltaláló. A nyersvas foszfortalanításával 1870 óta kísérletezett, kísérleteibe bevonta a Blaenavon-vasműveknél kémikusként dolgozó rokonát, Gilchrist Percy-t, és együttműködésük eredményeként 1878-1879-ben megszületett a bázikus bélésű konverteres kemence. 1882-ben megkapta a Society of Arts érmét, 1883-ban pedig az arany Bessemer-érmet. (A Pallas Nagy Lexikona. XVI. kötet. Budapest, 1897)

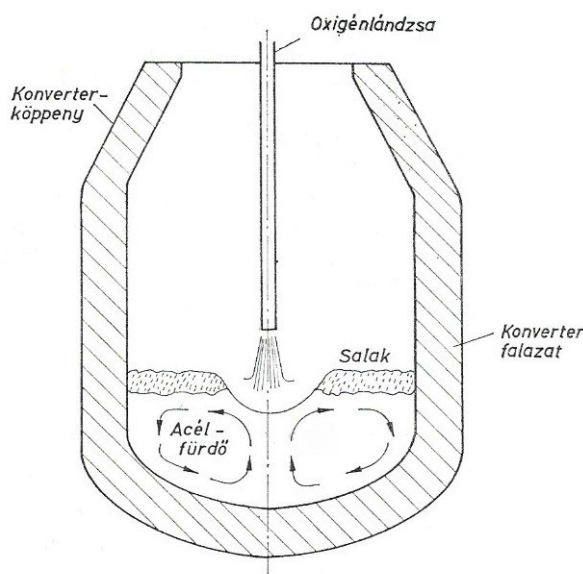
¹⁵ Carl Wilhelm Siemens (1823, Lenthe, Alsó-Szászország – 1883, London) tizennégy-gyermekes német családban született, 1859-ben brit állampolgárrá lett kohász és villamosmérnök, feltaláló, üzletember, számos találmány birtokosa, aki élete nagy részét Nagy-Britanniában töltötte. 1860-ban bevásárolták az Institution of Civil Engineers tagjai közé, 1862-ben pedig a Royal Society (Királyi Természettudományi Társaság) tagja lett. 1869-ben saját acélgyárat épített Dél-Walesben. A mai Siemens AG. jogelődjét (Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske) 1847-ben megalapító világhírű elektronikai feltaláló, Ernst Werner von Siemens (1816-1892) és az olvasztókemencék szerkezetét és tüzelését fejlesztő August Friedrich Siemens (1829-1906) a testvére volt. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Carl_Wilhelm_Siemens)

¹⁶ Pierre-Émile Blaise Martin (1824, Bourges – 1915, Fourchambault) francia kohómérnök. Tanulmányait az École des Mines de Paris főiskolán végezte. A kavarázó acélgyártás korszerűsítését célzó kísérleteket édesapjával, Émile Martin mérnök és gyártulajdonossal kezdte. Pierre-Émile Blaise Martin a teknő alakú olvasztókemencében a betét fölött gázlángot vezetett el, amivel a fürdőből ki tudja égetni a nyersvas fölösleges kísérő elemeit. A módszer csak akkor vált ipari bevezetésre alkalmassá, amikor 1856-ban megvásárolta a váltakozó lángjárású, regeneratív tüzelési módszer Carl Wilhelm Siemens-féle szabadalmát, amelynek alkalmazásával kellően nagy lánghőmérsékletet ért el. A Sireuil-i üzemében átalakított, 1,2×1,6 m medenceméretű izzítókemencéjéből 1864-ben csapolta le az első 1,5 tonnányi acélt. Az első Siemens-Martin-acélművet Angliában és Ausztriában 1868-ban, Németországban 1869-ben, Magyarországon Resicán 1876-ban helyezték üzembe. P-É. Martin 1855 és 1874 között Sireuil polgármestere volt. Sikerei ellenére szerény körülmények között élt, míg 1910-ben komoly tiszteletdíjak mellett meg nem kapta a francia becsületrendet is. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Pierre-Émile_Martin)

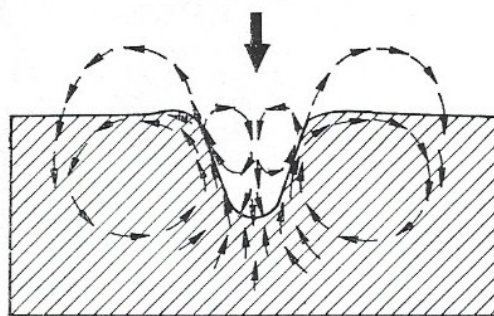
továbbfejlesztéseként kidolgozta a folyékony nyersvas frissítését generátorgáztüzelésű lángkemencében. Innen ered az eljárás „Siemens-Martin” elnevezése. (Osztatni, 1982)

A nagy foszfortartalmú nyersvasak frissítéséhez levegő helyett tiszta oxigént először R. Dürer alkalmazott 1932-ben; módszerével az oxigént fenékfúvókán keresztül fúvatták konverterbe, a fúvókák és a konverterfenékek azonban hamar tönkrementek. Az oxigén felülről való befúvásának szabadalmát C. K. Schwarz 1939-ben jelentette be, majd 1949-ben közzétette, hogy a Siemens-Martin-kemencékbe és az elektrokemencékbe az oxigént a fürdő felszínéhez viszonyítva 55°-os szögben és a fürdő felszínétől 35 mm-es távolságról célszerű befúvatni. (Osztatni, 1982)

Az első ipari méretű korszerű, bázikus tűzálló falazatú, felsőfúvatású oxigénes, mozgatható oxigénlándzsás, billenthető és forgatható konverter (BOF) 1953-ben Linzben lépett be a termelésbe (Osztatni, 1982). A konverterbe a folyékony nyersvasat vagy közvetlenül a nagyolvasztóból, vagy a külön e célra szolgáló tárolóból, például keverőkemencéből hozzák (Lósy-Schmidt et al., 1928). A konverterben felülről a folyékony fürdőre fújt oxigént a fürdő teljes egészében elnyeli (1.5.A5. ábra). Az oxigénsugárnak a hang terjedési sebességénél nagyobb a sebessége (400-600 m/s), az oxigénsugár nagy energiája a folyékony fürdőt apró cseppekre fújja szét, amelynek következtében a konverterben igen nagy felületű gáz-salak-fém emulzió keletkezik. A fémekben oldott elemek oxidációja ezeken a felületeken megy végbe. A konverteracélgyártás jellegzetessége, hogy nincs szükség külső tüzelőanyag-bevitelre, mert a metallurgiai folyamatokhoz szükséges hőmennyiséget a nyersvas és az acélhulladék szén- (karbon-), szilícium-, mangán-, foszfor- és kén-tartalmának az oxidációjából származó hő, valamint a nyersvas fizikai hőtartalma és a salakképződés hőtartalma adja. (Osztatni, 1982)



Az oxigénlándzsából kilépő 1,0-1,2 MPa nyomású oxigénsugár a fürdő nagy részét nagyszámú apró fémcseppekre fújja szét. A fémcseppek óriási felülete elegendő a fémekben oldott elemek gyors oxidációjához.



1.5.A5. ábra: Felsőfúvatásos oxigénes konverter (Osztatni, 1982)

A XX. század első évtizedeiben az erősen ötvözött, kiváló minőségű acélok gyártására az ívfényes elektrokemencés acélgyártást fejlesztették ki. (Osztatni, 1982)

Az acélgyártással kapcsolatos néhány elterjedtebb rövidítés jelentése a következő:

- BOF (B = basic, O = oxygen, F = furnace: kemence): felsőfúvatásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás az amerikai irodalomban;
- BOP (B = basic, O = oxygen, P = process): felsőfúvatásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás;
- BOS (B = basic, O = oxygen, S = steelmaking): felsőfúvatásos oxigénes konverteracélgyártási eljárás az angol irodalomban;

LD (L = Linz, D = Dürrer, majd később D = Donawitz, illetve D = Düsenverfahren) felsőfúvatásos oxigén konverteracélgyártási eljárás németül;

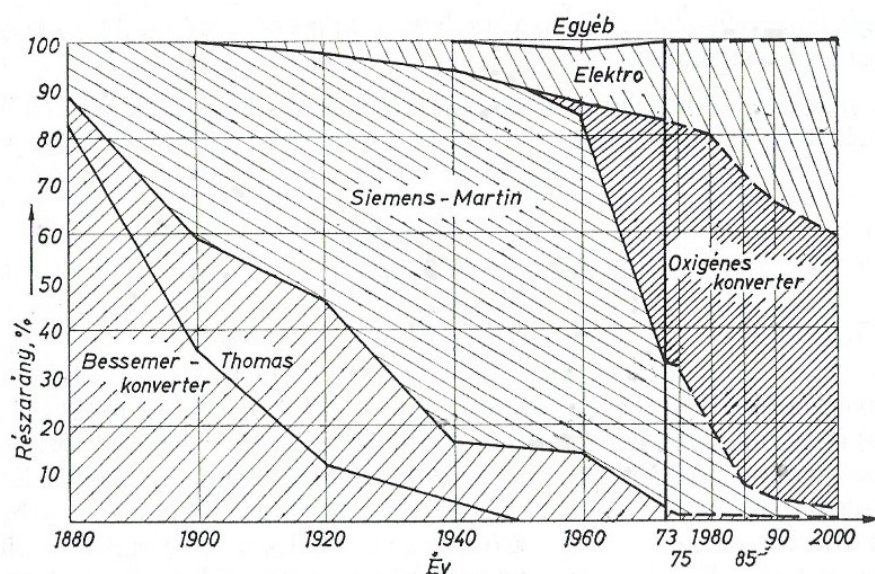
OBM (O = Oxygen, B = Bodenblasen: fenékfúvatás vagy bottom: alsó, M = Maxhütte, az 1851 és 2019 között működött sulzbach-rosenbergi német acélmű neve): alsófúvatásos oxigén konverteracélgyártási eljárás;

Q-BOP (Q = quick, quiet, quality: gyors, csendes, minőségi, B = blowing, bottom: fúvatás, alsó, O = oxygen, P = process): gyors alsófúvatásos oxigén konverteracélgyártási eljárás;

SM-kemence: *Siemens-Martin*-kemence;

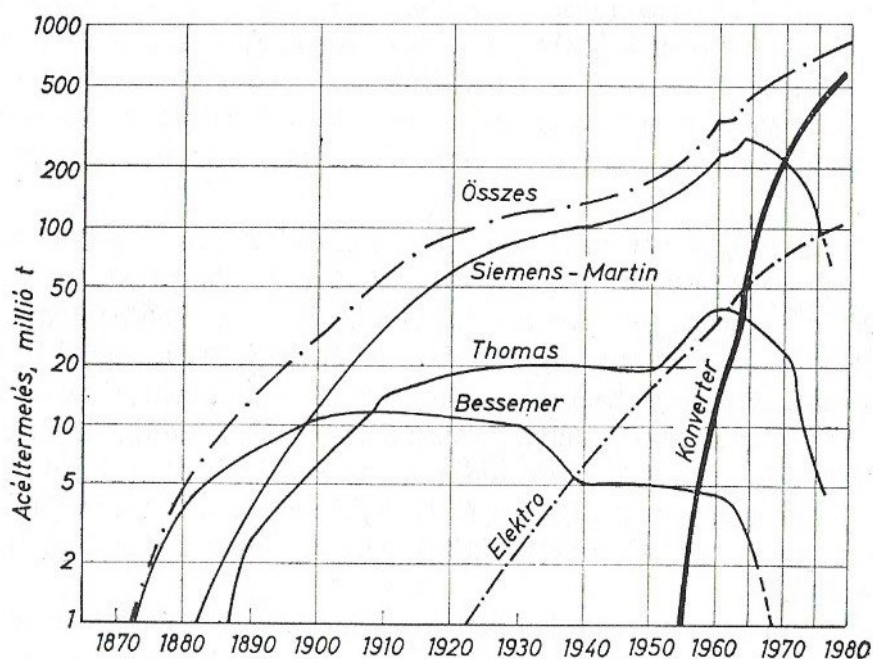
UHP electric arc furnace (U = ultra, H = High, P = Power): ultra nagy teljesítményű elektromos ívkemence

A különböző acélgyártási eljárások részesedési aránya a világ acéltermeléséből az évek függvényében az 1.5.A6. és 1.5.A7. ábrán látható. (Osztatni, 1982)



1.5.A6. ábra:

Az acélgyártási eljárások aránya a világ acéltermelésében (Osztatni, 1982)



1.5.A7. ábra:

A világ acéltermelésének alakulása (Osztatni, 1982)

Az acélművi kemencéből csapoláskor kikerülő olvadt állapotú acélt, az acélolvadékokat

- vagy öntőformába (kokillába, francia eredetű szó → coquille) juttatják (1.5.A8. ábrán), és abból izzón kinyert, majd lehűlt acéltuskó (ingot) alakjában tárolják a további feldolgozáshoz;
- vagy – és ez az elterjedtebb – folyamatos öntéssel melegen dolgozzák fel. (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Óvári szerk., 1985)

Napjainkban már nem épül új acélmű folyamatos öntőberendezés nélkül. A folyamatos öntés előnye a hagyományos tuskóöntéssel szemben, hogy elmarad a fáradtságos kokillakezelés, a tuskó esetleges tisztítása és hengerműbe szállítása, a lehűlt tuskók hevítése és blokkbugává hengerlése, miáltal az energia- és időmegtakarítás jelentős. (Óvári szerk., 1985)



1.5.A8. ábra: Acélöntés kokillába Dunaújvárosban, a Dunai Vasműben (Dunaferr, 2000)

Az acélgyártás termékét, az újból felhevített acéltuskót („ingot”-ot) vagy a folyamatosan öntött izzó acéolvadékokat képlékenyalakító eljárással lehet félkész vagy kész acéltermékké formálni. (Óvári szerk., 1985)

A képlékenyalakító eljárás a jellemző feszültség alapján a DIN 8582:2003 szabvány szerint nyomó-, húzó-nyomó-, húzó-, hajlító-, csúsztatóalakítás lehet. A legjelentősebb alakítástechnológiai eljárások, mint a kovácsolás, a hengerlés, a rúdsajtolás és a folytatás a nyomóalakítás csoportjába tartozik. (Óvári szerk., 1985)

A képlékenyalakító eljárásnak anyagszerkezeti szempontból két változata van, a melegalakítás és a hidegalakítás. A klasszikus fogalom-meghatározás szerint, ha a fém alakítását az újrakristályosodási (lágylási) hőmérsékletnél nagyobb hőmérsékleten végzik, akkor az melegalakítás, ha pedig az újrakristályosodási hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten végzik, akkor az hidegalakítás. A vas-szén ötvözet újrakristályosodási hőmérséklete mintegy 730 °C (például az ólomé, a cinké mintegy 450 °C, a volfrámé mintegy 1000 °C). Az úgy nevezett „félmeleg” alakítás hőmérséklet-tartománya acél esetén 200-730 °C. A gyakorlat számára a DIN 8582:2003 szabványban úgy fogalmaznak, hogy a melegalakítás a fém felmelegítését követő alakítás, a hidegalakítás pedig a fém felmelegítése nélküli alakítás. (Óvári szerk., 1985)

Melegalakításkor az alakváltozással egyidejű a keményedés, a lágylás és a részleges újrakristályosodás. (Óvári szerk., 1985)

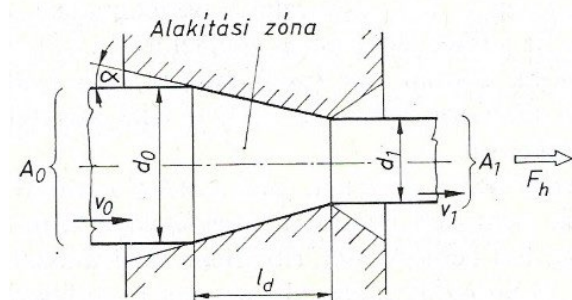
A **HENGERLÉS** általános célja a kovácsolható vasnak különféle szelvényekben való előállítása. A hengerlés kiinduló anyaga az általában a folyamatos öntéssel készített buga, amely ténylegesen kovácsolható vas. Az 1%-nál több szenet tartalmazó vasak csak kivételes esetekben és csak nagyon kis mértékben hengerelhetők. A hengerlés maga nem egyéb, mint forgómozgás alkalmazásával folytonossá tett nyújtókovácsolás. (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Óvári szerk., 1985)

A meleghengerlési hengerek fajtái a késztermék alakjától függően rúd- és idomacél, valamint lapostermék (szalag, lemez) hengerek. A 60-300 mm átmérőjű rúdacélokat durvahengerson, a 35-80 mm átmérőjű rúdacélokat középhengerson, a 8-40 mm átmérőjű rúdacélokat, így a melegen hengerelt betonacélokat finomhengerson gyártják. Az 5-12 mm átmérőjű acélhuzalok dróthengerson készülnek. Míg a betonacélokkal szemben régebben alig támasztottak minőségi követelményeket, ma a betonacél a legigényesebb termékek közé tartozik. A nagy folyáshatár és a hegeszthetőség mellett a méretpontosság is, a húzandó drótra vonatkozólag a jól húzható szövetszerkezet és a tekercselhetőség is követelmény. (Óvári szerk., 1985)

RÚD- ÉS HUZHÁZÁSKOR a kiindulóanyagot fokozatosan csökkenő keresztmetszetű szerszámokon húzzák keresztül. Az áthúzás hatására a rúd és a huzal hossza megnövekszik, keresztmetszete csökken. A keresztmetszet csökkenést a λ nyújtási tényezővel, illetve az ε fajlagos keresztmetszet-csökkenéssel fejezik ki (1.5.A9. ábra):

$$\lambda = \frac{A_0}{A_1} = \left(\frac{d_0}{d_1}\right)^2$$

$$\varepsilon = \frac{A_0 - A_1}{A_0} = 1 - \left(\frac{d_1}{d_0}\right)^2$$



1.5.A9. ábra: A rúd- és huzalhúzás geometriai jellemzői (Óvári szerk., 1985)

Az ACÉLRÚD- ÉS ACÉLHUZALHÚZÁS ALAPANYAGA a melegen hengerelt rúdacél, illetve acélhengerhuzal. Az alapanyag minőségét, szilárdsági és egyéb tulajdonságait annak összetétele, szövetszerkezete, valamint a hengersor adottságai és a lehűlés módja jelentősen befolyásolja. A felhasznált alapanyag zöme ötvöztelen, kisebb mennyiségben ötvözött acél. Az ötvöztelen acélok jelentős része kis széntartalmú ($C = 0,04\% - 0,16\%$); a közepes és nagy széntartalmú acélok széntartalma $0,3\%$ és $1,6\%$ közé esik. (Óvári szerk., 1985)

A melegen hengerelt, illetve hőkezelt HUZAL vagy RÚD felületén keletkezett REVERÉTEGET HIDEGHÚZÁS ELŐTT MECHANIKAI VAGY KÉMIAI REVÉTLENÍTÉSSEL, olykor ezek társításával maradéktalanul el kell távolítani. A mechanikai revétlenítést ismételt HAJLÍTATÁSSAL (hajtogatással) vagy nagynyomású SZEMCSESZÓRÁSSAL, a kémiai revétlenítést hígított savban való oldással (PÁCOLÁSSAL) végzik. A hideghúzás hatására az anyag szilárdsági, mechanikai-technológiai tulajdonságai megváltoznak. (Óvári szerk., 1985)

A RÚDHÚZÁS kiinduló alapanyaga melegen hengerelt vagy hőkezelt 2 m és 8 m közötti hosszúságú acélrúd vagy $7,5\text{ mm}$ és 30 mm közötti átmérőjű feltekercselt acélhuzal. A kis széntartalmú melegen hengerelt rudakat és hengerhuzalokat húzás előtt általában nem szükséges hőkezeltetni („előizzítani”). A közepes és nagy széntartalmú, valamint az ötvözött rúdacélokat HÚZÁS ELŐTT ÚJRAKRISTÁLYOSÍTÓ LÁGYÍTÁSSAL hőkezelik, esetenként NORMALIZÁLJÁK. A rúdacél kívánt méretét $1\text{-}2\text{ mm}$ -es fokozatonkénti átmérőcsökkenéssel általában $1\text{-}3$ húzással érik el. Fokozott felületi előírások esetén a rúdacél felületét LEHÁNTOLJÁK (POLÍROZZÁK) vagy LEKÖSZÖRÜLIK. (Óvári szerk., 1985)

A különböző módon gyártott HENGERHUZALOK alakíthatósága jelentősen eltérő. A tekercsben lehűlt huzalok szövetszerkezete és szilárdsági jellemzői a szálhossz mentén erősen változnak, a szabályozottan hűtött huzaloké gyakorlatilag változatlanok. A hengerhuzal szakítószilárdsága (f_m) tekercsben lehűlt huzal esetén (Óvári szerk., 1985):

$$f_m \approx 206 + 654 \cdot C + 280 \cdot Si + 140 \cdot Mn \quad \text{N/mm}^2,$$

és szabályozottan hűtött huzal esetén:

$$f_m \approx 295 + 931 \cdot C + 147 \cdot Mn \quad \text{N/mm}^2$$

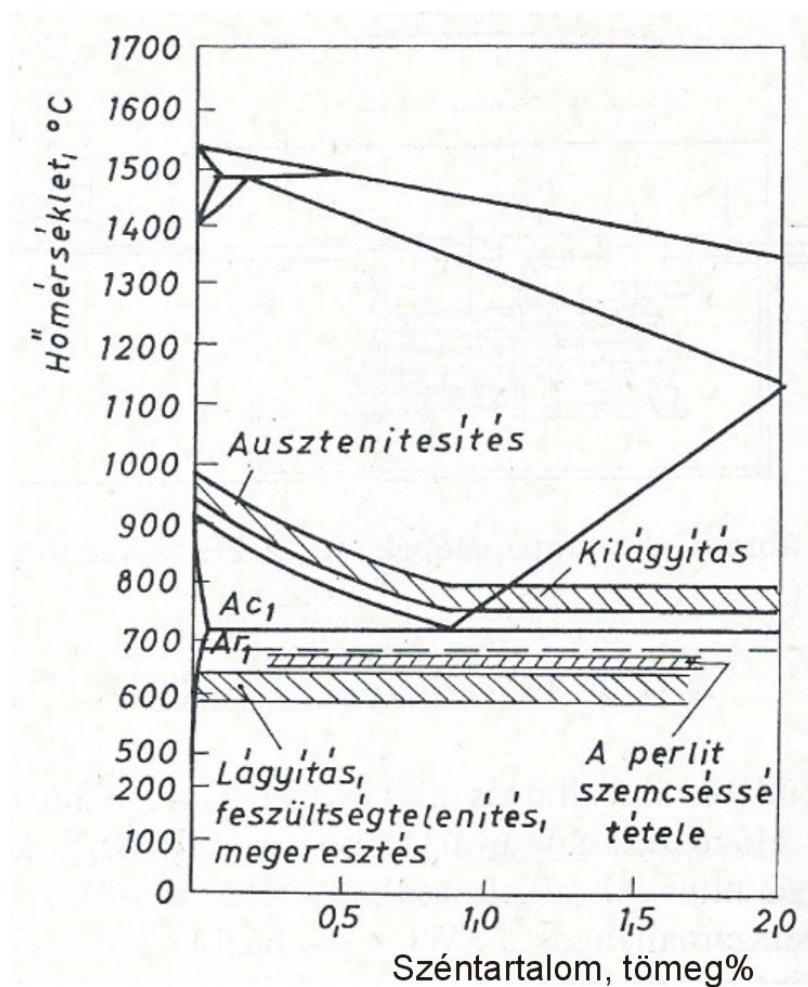
A hengerhuzal hossza menti esetleges egyenlőtlen szövetszerkezet és szilárdsági tulajdonságok, valamint durva perlites szövetszerkezet esetén szükség van a hengerhuzalok HÚZÁS ELŐTTI PATENTÁLÓ HŐKEZELÉSÉRE. (Óvári szerk., 1985)

A gyártott huzal átmérőjétől (d) függően megkülönböztetik

- a durvahuzalhúzást ($d \geq 4,2\text{ mm}$);
- a középhuzalhúzást ($1,6 \leq d < 4,2\text{ mm}$);
- a finomhuzalhúzást ($0,5 \leq d < 1,6\text{ mm}$);
- hajsza huzalhúzást ($d < 0,5\text{ mm}$).

A durvahuzalgyártást egy, két, esetleg több húzással, a közép-, finom- és hajsza huzalhúzást több fokozatú sorozathúzással végzik. Húzás utáni állapotban a huzal az alakítás mértékének megfelelő minőségű, hőkezelés után LÁGYÍTOTT, NEMESÍTETT vagy EDZETT állapotú. (Óvári szerk., 1985)

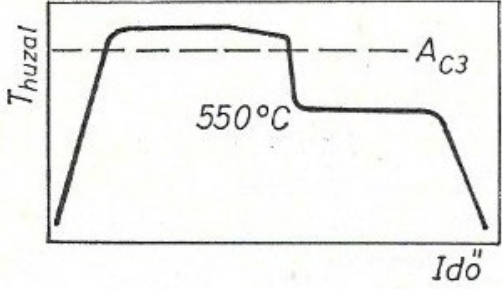
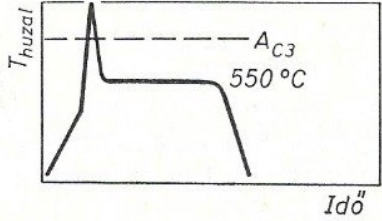
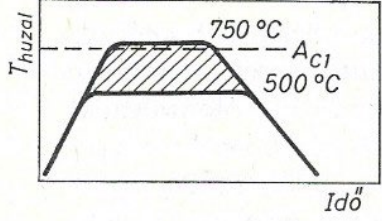
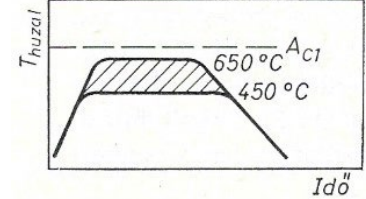
Az acélrudak és acélhuzalok hőkezelési hőmérséklet-tartományát a széntartalom függvényében az 1.5.A10. ábrán tüntettük fel. (Óvári szerk., 1985)

**1.5.A10. ábra:**

Az acélrudak és acélhuzalok hőkezelési hőmérséklet-tartománya a széntartalom függvényében (Óvári szerk., 1985)

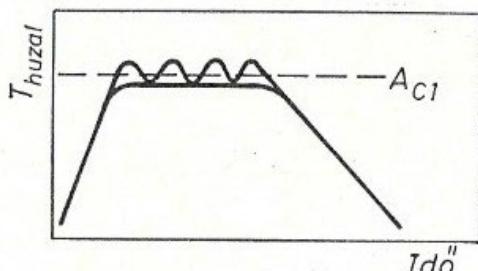
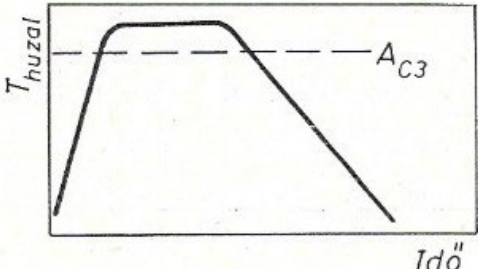
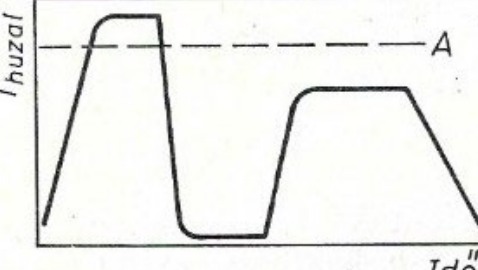
A hőkezelés a rudak és huzalok szövetszerkezetének, szilárdsági, alakíthatósági és mechanikai-technológiai tulajdonságainak megváltoztatására alkalmas. Az acélhuzalok (hengerhuzalok, hengerelt huzalok) hőkezelési eljárásainak főbb jellemzőit a Vaskohászati kézikönyvben (Óvári szerk., 1985) az 1.5.A2. táblázatban látható módon foglalták össze.

1.5.A2. táblázat: Az acélhuzalok hőkezelési eljárásainak főbb jellemzői (Óvári szerk., 1985)

PATENTÁLÁS HŐNTARTÁSSAL  $f_{mp, (\varnothing 5 \text{ mm})} \approx 295 + 1079 \cdot C + 147 \cdot Mn \text{ N/mm}^2$	A hőkezelés célja: A hengerhuzal tekercs hossza mentén egyenletes, finom lemezes perlites szövetszerkezet létrehozása húzás előtt A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés gázfűtésű kemencében 800...950 °C-ra 2. Hőntartás, ausztenitesítés 3. Lehűtés ólom-, vagy sóolvadékban 550 °C-ra 4. Lehűtés nyugvó levegőn
PATENTÁLÁS HŐNTARTÁS NÉLKÜL  $f_{mp, (\varnothing 5 \text{ mm})} \approx 362 + 1079 \cdot C + 147 \cdot Mn \text{ N/mm}^2$	A hőkezelés célja: A hidegalakítás hatásának megszüntetése A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés közvetlen villamos ellenállásfűtéssel 850...1050 °C-ra 2. Lehűtés ólom- vagy sóolvadékban 550 °C-ra 3. Lehűtés nyugvó levegőn
ÚJRAKRISTÁLYOSÍTÓ LÁGYÍTÁS 	A hőkezelés célja: A hidegalakítás hatásának megszüntetése A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés 500... 750 °C-ra 2. Hőntartás a hőmérséklettől és a hidegalakítás mértékétől függő ideig 3. Lehűtés üstben, védősisak alatt, vagy kemencében
FESZÜLTSGCSÖKKENTŐ IZZÍTÁS 	A hőkezelés célja: A huzalban levő belső feszültségek részleges, vagy teljes megszüntetése A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés 450... 650 °C-ra 2. Hőntartás a hőmérséklettől függő ideig 3. Lehűtés nyugvó levegőben

Az 1.5.A2. táblázat folytatódik

Az 1.5.A2. táblázat folytatása

SZFEROIDIZÁLÓ LÁGYÍTÁS  Finom szövetszerkezet esetén: $f_{ms, (\varnothing 5 \text{ mm})} \approx 295 + 343 \cdot C + 49 \cdot \text{Mn} \text{ N/mm}^2$ Durva szövetszerkezet esetén: $f_{ms, (\varnothing 5 \text{ mm})} \approx 295 + 245 \cdot C + 49 \cdot \text{Mn} \text{ N/mm}^2$	A hőkezelés célja: A lemezes perlit átalakítása szferoiditos szövetté (gömbszemcsés vaskarbid + ferrit) A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés $A_{c1} - (5...40 \text{ }^\circ\text{C})$ hőmérsékletre, vagy lépcsős hevítés 2. Hőntartás 3. Lehűtés kemencében
NORMALIZÁLÁS  $f_{mn, (\varnothing 5 \text{ mm})} \approx 295 + 883 \cdot C + 147 \cdot \text{Mn} \text{ N/mm}^2$	Angolul: normalization; németül: Normalglühung A hőkezelés célja: Egyenletes, finom perlites szövetszerkezet létrehozása A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés $A_{c3} + (30...50 \text{ }^\circ\text{C})$ hőmérsékletre 2. Hőntartás, ausztenitesítés 3. Lehűtés nyugvó levegőben
EDZÉS, NEMESÍTÉS 	Angolul: quenching, hardening; németül: Härtung A hőkezelés célja: A készterméktől megkívánt szilárdsági és alakíthatósági tulajdonságok létrehozása A hőkezelés folyamata: 1. Hevítés $A_{c3} + (30...50 \text{ }^\circ\text{C})$ hőmérsékletre 2. Hőntartás, ausztenitesítés 3. Edzés olajban vagy vízben 4. Megeresztő hőkezelés
Megjegyzés: A_{c1} és A_{c3} a vas ausztenitté alakulásának kezdeti és befejeződési egyensúlyi átalakulási hőmérséklete	

A *patentálást* a 0,2 %-nál nagyobb széntartalmú acélhuzalok finomlemezes perlites szövetszerkezetének létrehozására és a hidegalakítás hatásának megszüntetésére alkalmazzák.

Az *újra-kristályosító lágyítást* a 0,2%-nál kisebb széntartalmú előhúzott huzalok közbenső hőkezelésére, valamint az ötvöztelen és ötvözött huzalok és rudak készrehúzást követő hőkezelésére használják.

A *feszültségcsökkentő izzítást* a húzott és ezt követően pászmába sodort huzalokban lévő belső feszültség részleges, vagy teljes megszüntetésére alkalmazzák. Hatására elsősorban a huzal, vagy sodrat (például betonfeszítő pászma) tartós szilárdsági tulajdonságai változnak kedvezően.

A *szferoidizáló lágyítást* elsősorban a közepes és nagy széntartalmú, hidegzömítésre kerülő rudak és huzalok, valamint az ötvöztött rudak és huzalok készrehúzást követő hőkezelésére alkalmazzák.

A *normalizálást* nagy átmérőjű hengerhuzalok előizzítására (légpatentálás), a húzott rudak alakítási felkeményedésének megszüntetésére és a forgácsolásra kerülő rúdanyagok finomperlites szövetszerkezetének létrehozására alkalmazzák.

Az *edzés és a nemesítés* (edzés + megeresztés) a késztermék martenzites, vagy a martenzit különböző mértékű elbomlásával kialakuló szövetszerkezet létrehozására alkalmas. Edzéskor az ausztenitesített anyagot olajban, vagy vízben (ritkán sóoldadékban) gyorsan lehűtik. Az edzési ridegség megszüntetésére, valamint a martenzit elbontására az edzett anyagot felmelegítve hőn tartják (megeresztés), majd nyugvó levegőn lehűtik. A különböző hőmérséklet-tartományokban végzett megeresztés hatása:

80...200 (300) °C	az edzési ridegség megszűnik, a alakíthatóság növekszik;
300...400 °C	a rugalmassági határ és a képlékenységi tulajdonságok javulnak, a karbidrészekké koagulálnak;
400...450 °C	ötvöztött acélok szilárdsága növekszik. (Óvári szerk., 1985)

A kovácsolt vagy hengerelt folytacélt normalizálásának, lágyításának, edzésének, betétedzésének, nemesítésének fogalmát a régi MOSz 106:1933 szabványban is megadták.

Figyelemre méltó a Környezetvédelmi és Vízügyi Értesítő V. évfolyam 4. számában (2008. április 30. pp. 619-997.) megjelent terjedelmes útmutató az öntödék elérhető legjobb technikájáról (<http://www.kozlonyok.hu/kozlonyok/Kozlonyok/16/PDF/2008/4.pdf>).

Lásd még: Acél alakíthatósága, Acélhuzal, Acéltuskó, Acél hidegalakítása, Acélgyártás Magyarországon, Acél kovácsolása, Acél melegalakítása, Betétedzés, Betonacél, Bucakemence, Edzés, Feszítőacél, Folytvas, Hámor, Hegeszvas, Képlékenység, Kohósalak, Kovácsvas, Lágyítás, Nemesítés, Normalizálás, Nyersvas, Rugalmasság, Szilikatégla, Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája,

Acélgyártási salak, acélsalak

Az acélgyártási salakot az acélgyár kemence-típusától függően például *Martin*-salaknak vagy konverteres salaknak stb. szokták nevezni. Az acélsalak nem tévesztendő össze a kohósalakkal. Az acélgyártási salak (acélsalak) a nyersvas acéllá – például *Siemens-Martin*-kemencében, konverterben stb. – történő feldolgozása során keletkező melléktermék.

Az acélgyártási salakot beton adalékanyagként alkalmazni tilos.

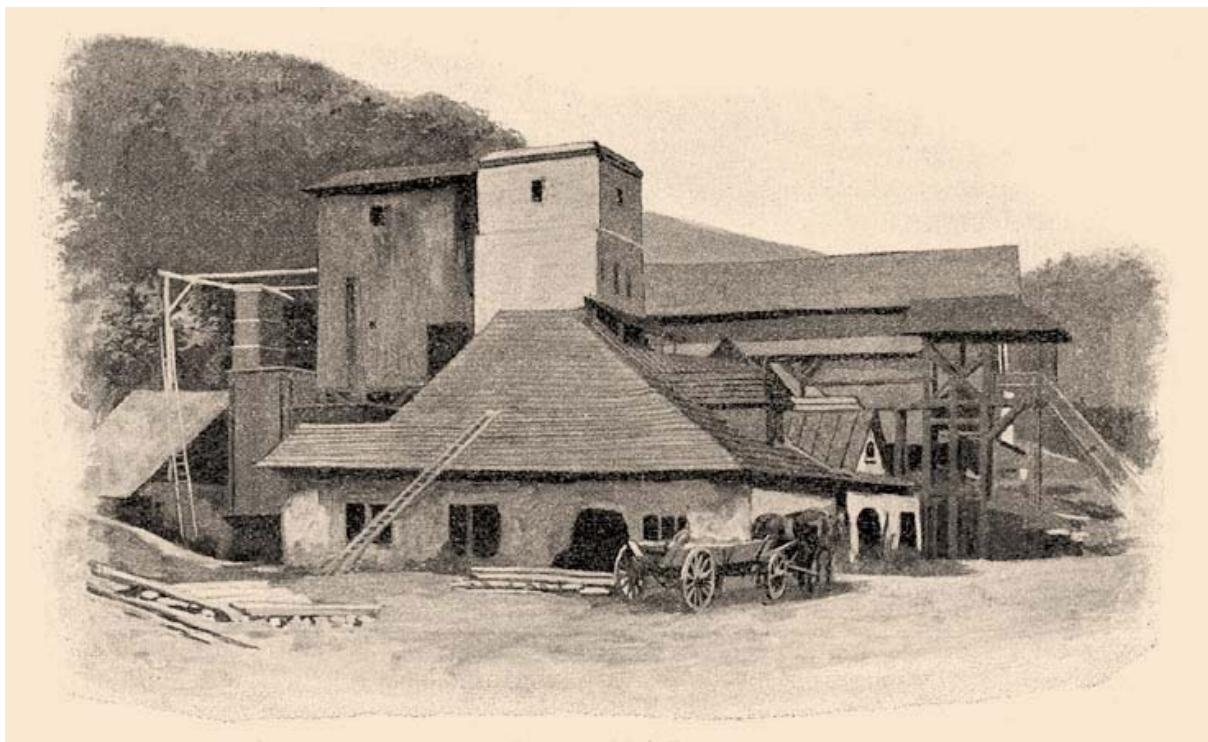
Az acélsalak szabad magnézium-oxidot (periklászt) tartalmaz, amely nedvesség, például a levegő páratartalma hatására a betonban lassan beoltódik, és dolomit-mészhidráttá (kalcium-magnézium-tetrahidroxiddá, $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaMg}(\text{OH})_4$, *mészhidrátos brucittá*), illetve magnézium-hidroxiddá ($\text{Mg}(\text{OH})_2$, *brucittá*) átalakulva térfogatát kétszeresére növeli, ami megszilárdult betont összeropcedezését okozza. A betont az acélsalak kéntartalma is károsíthatja.

Ajánlott irodalom: Révay (2001. július-augusztus)

Lásd még: Brucit, Magnéziaduzzadás

Acélgyártás Magyarországon

Magyarországon már a honfoglalás előtti népek rendelkeztek bucakemencékkel, és ilyenek a vasércben gazdag vidékeken még a XIX. század elején is üzemeltek. A folyékony nyersvasat gyártó első kohót hazánkban *Fischer Dániel* szász technikus építette 1680-ban a dobsinai Gölniczvölgyben (1.5.111. ábra).



1.5.A11. ábra: Hazánk első, 1680-ban épült nagyolvasztója, a gölniczvölgyi vaskohó (Gömöri, 1903).

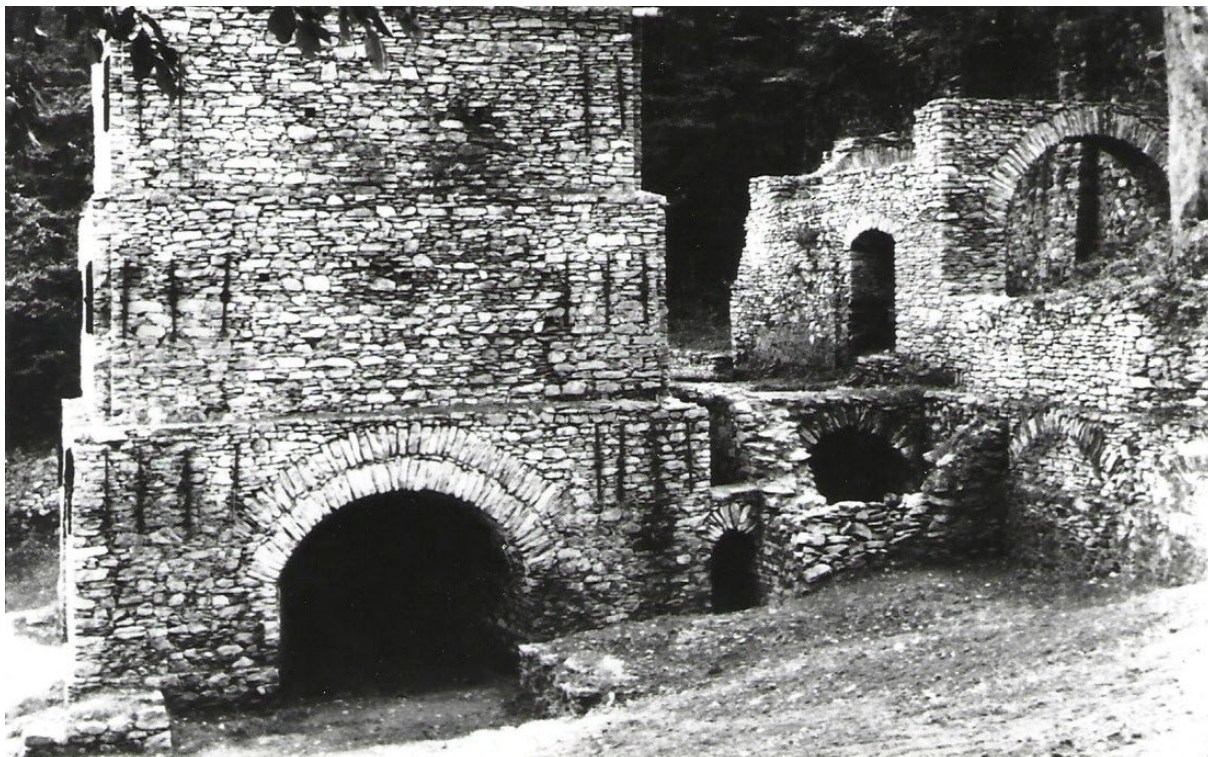
Hazánkban a XVIII. század második felében növekedett meg az acélgyártmányok iránti kereslet, amely ösztönzőleg hatott a borsodi iparvidék vasérctelepeinek 1760-1770 közötti felfedezésére. *Mária Terézia*¹⁷ 1770-ben elhatározta a *Fazola Henrik*¹⁸ felfedezte upponyi

¹⁷ *Mária Terézia* (1717, Bécs – 1780, Bécs; teljes neve: Maria Theresia Walburga Amalia Christina von Habsburg) császári és királyi hercegnő, 1740-től ausztriai uralkodó főhercegnő, magyar (egyben horvát) és cseh királynő. *Mária Terézia* a felvilágosult abszolutizmust formáló uralkodó volt; az úrbéri rendelettel szabályozta a nemesség-jobbágysági jogviszonyt; igazságszolgáltatási reformokat vezetett be; megteremtette az állami oktatáspolitikai alapjait; tankötelezettséget vezetett be 12 éves korig; előírta a népiskolákban a matematika, természettudományi ismeretek, honismeret oktatását; a nagyszombati egyetemen 1769-ben orvosi kart alapított; rendelkezett a hatósági orvosi ellátásról stb. „Nem akarok mást, mint a közjót, melyet nem szabad, hogy magánérdek gátoljon”, írta 1766-ban gróf *Pálffy Miklós* (1710, Bécs – 1773, Bécs) országbírónak. (Poór, 1992), (https://www.nkp.hu/tankonyv/tortenelem_10/lecke_04_033)

¹⁸ *Fazola Henrik* (1730 körül, Würzburg – 1779, Diósgyőr) *Henrik Fassola* (Fassole) néven született német származású lakatos, kohász, iparművész. Atyja, a gazdag württembergi lakatos kívánságára és a korabeli céhszabályzatot követve, a mesterséget Würzburgban elsajátított ifjú *Fazola Henrik* kovácssegéd vándorútra kelt, és Pozsonyban *Grundinger Jakab* lakatosmesternél dolgozott. „*Krónikás*” (1914) szerint itt ismerte meg *Grundinger* feleségének egyik leányrokonát, *Herusek Borbálát*, akit követett Egerbe, és akit nőül is vett. *Soós* (1955) szerint *Fazola Henrik* 1758-ban a nagyvonalúan építkező *Barkóczy Ferenc* gróf, egri püspök hívta Egerbe. *Fazola Henrik* Egerben kovácsműhelyt nyitott, munkásságának emlékét számos művészi kovácsoltvas alkotás őrzi. Látni az upponyi és tapolcsányi vasbányákból szállított nyersvas rossz feldolgozhatóságát, 1753-ban a kohótervező *Modori Keller Samuval* vasérctelep felkutatásba kezdett. *Fazola Henrik* Ó-Massán, Felső-Hámborban nagyolvasztót, Alsó-Hámborban pedig a nyersvas finomítására és feldolgozására frissítő kemencéket és hámorokat épített, amelyek 1765-ben kezdtek termelni. Az építkezések minden vagyonát felemésztették, ezért egri házáat és műhelyét is eladni kényszerült, művészi tevékenységét abbahagyta, a gyártelepre költözött. A további beruházásokhoz 1769-ben részvényeket bocsátott ki, miáltal az olvasztók kincstári tulajdonba kerültek. Az így létrejött „Diósgyőri császári, királyi és magántársulati vasgyár” – amelynek első igazgatója *Fazola Henrik* volt – 1773-ban az átalakított nagyolvasztón kívül 8 frissítő kemencéből és 4 nyújtóhámból állt. („*Krónikás*” – ismeretlen szerző, 1914), (*Soós*, 1955), (*Kenyeres* főszerk., I. kötet. 1981)

Megemlítenéd, hogy a sok távolléttel járó vasérc-kutatás miatt a lakatosműhelyét elhanyagolni kényszerült *Fazola Henrik* a műhely vezetésére 1768-ban Egerbe hívta öccsét, *Fazola Lénárd* (1737, Würzburg – 1805, Eger) lakatosmestert, akinek három évtizedes egri működése szintén a magyar barokk vasművesség jelentős

vasérckincs kiaknázását és vasgyár építését a bőséges faanyaggal rendelkező diósgyőri kincstári uradalom területén. *Fazola Henrik* a mai ÓMASSÁN 1772 tavaszán helyezte üzembe vasolvasztó kohóját (1.5.A12. ábra). Az 5 m magas ómassai kohó abban az időben az ország legnagyobb vasolvasztója volt. (*Gömöri*, 1903), (*Berei szerk.*, 1962), (*Osztatni*, 1982)

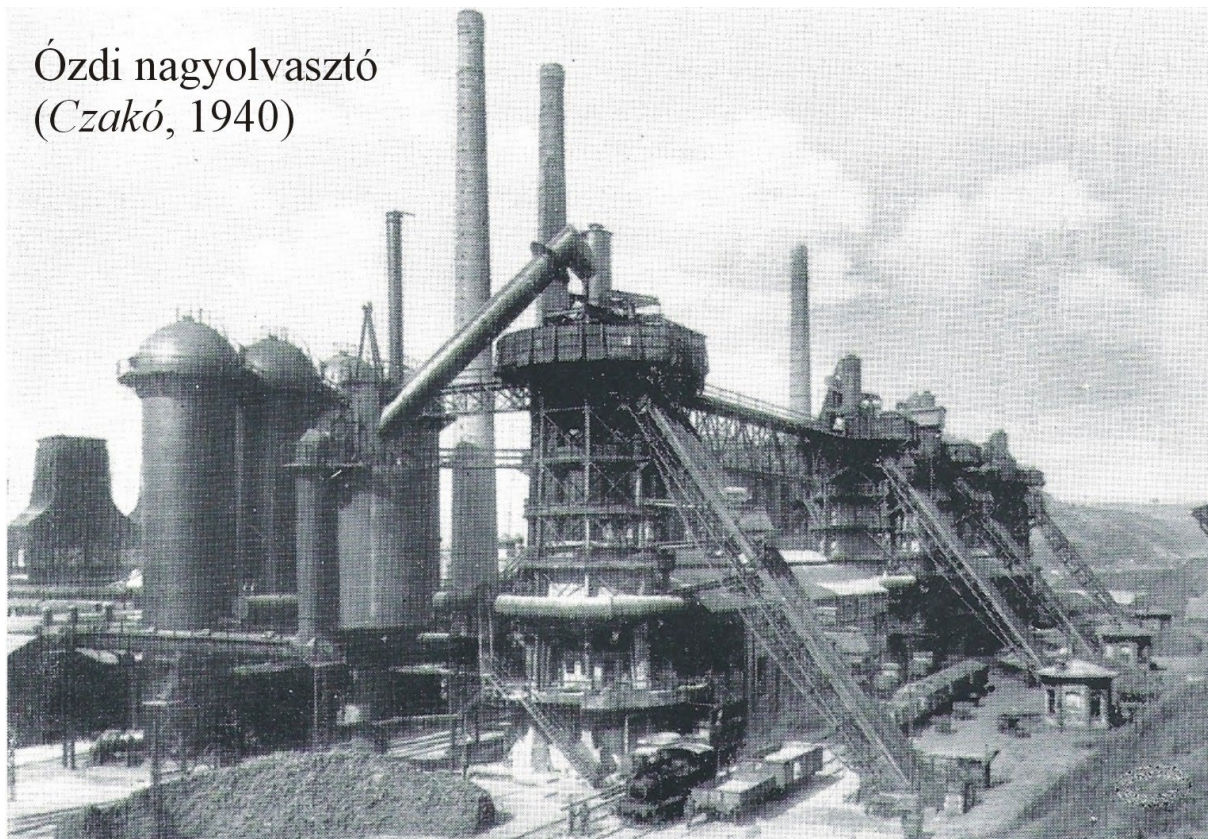


1.5.A12. ábra: Az ómassai őskohó régi képes levelezőlapon Fotó: *Gál Lajos*. Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata. Budapest, 1950-es évek; a képeslap ára 1,20 Ft. volt

Az 1898. évi statisztikai adatok szerint Magyarországon a XIX. század végén 55 vasgyár volt, melyekben 56 nagyolvasztó (1.5.A13. ábra), 18 frisstúzi kemence, 52 kavárókemence, 11 konverter (Diósgyőr, Vajdahunyad, Bikás, Resica, Salgótarján), 36 *Siemens-Martin*-kemence (12 vasműben, a legnagyobb Ózdon), 6 tégelyes kemence, 82 hegesztőkemence, 37 hengerversor működött. (*Kiszely*, 1986)

iparművészeti története. Számos alkotása közül kiemeljük az egri liceum csillagásztornyának – az 1779-ben *Fazola Lénárd* műhelyében készült, akkor országos híré – mozgatható kupolaszerkezetét, amelyet a budai királyi palotában lévő egyetemi csillagvizsgáló kupolájának tökéletesítéséhez is mintául vettek. (*Soós*, 1955)

Ózdi nagyolvasztó
(Czakó, 1940)

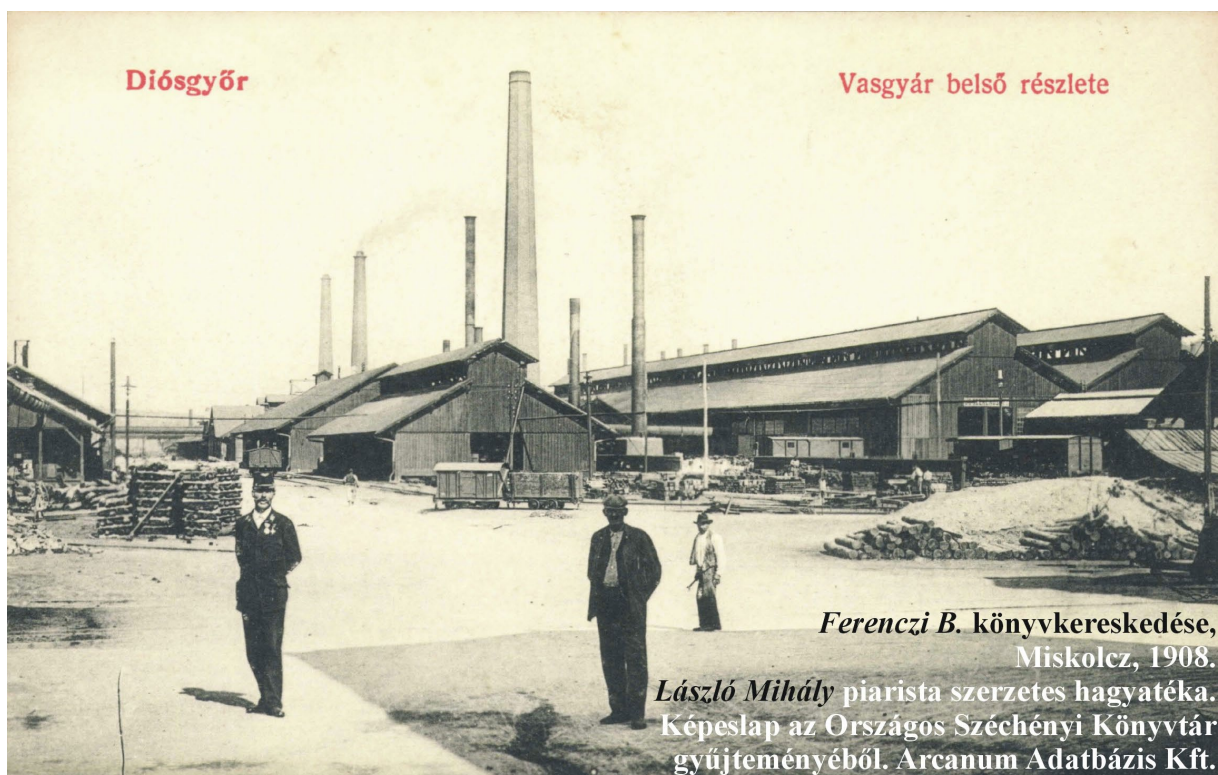


1.5.A13. ábra: A Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. nagyolvasztó-telepe Ózdon (Czakó M., 1940)

Kavarókemencés eljárással SALGÓTARJÁNBAN, ÓZDON és DIÓSGYÖRÖTT is gyártottak laposvasat, profilacélokat és síneket. (Osztatni, 1982)

Kiszely (1986) szerint Magyarországon a *Bessemer*-acélgyártás 1868-ban, a *Siemens-Martin*-acélgyártás 1876-ban, a *Thomas*-acélgyártás 1889-ben, az elektroacélgyártás 1911-ben, az LD-acélgyártás 1980-ban vette kezdetét. A *Thomas*-acélgyártás végleg 1907-ben, a *Bessemer*-acélgyártás végleg 1927-ben szűnt meg.

Bessemer-konverter a DIÓSGYÖRI Vas- és Acélgyárban (1.5.A14. és 1.5.A15. ábra) 1882-ben, *Thomas*-konverter a SALGÓTARJÁNI Acélgyárban 1889-ben épült; a salgótarjáni *Thomas*-konverter 1902-ig működött. (Osztatni, 1982)



1.5.A14. ábra: A Diósgyőri Vasgyár 1908-ban. Képes levelezőlap (Arcanum, Képeslapok, DVD. Budapest, 2008)



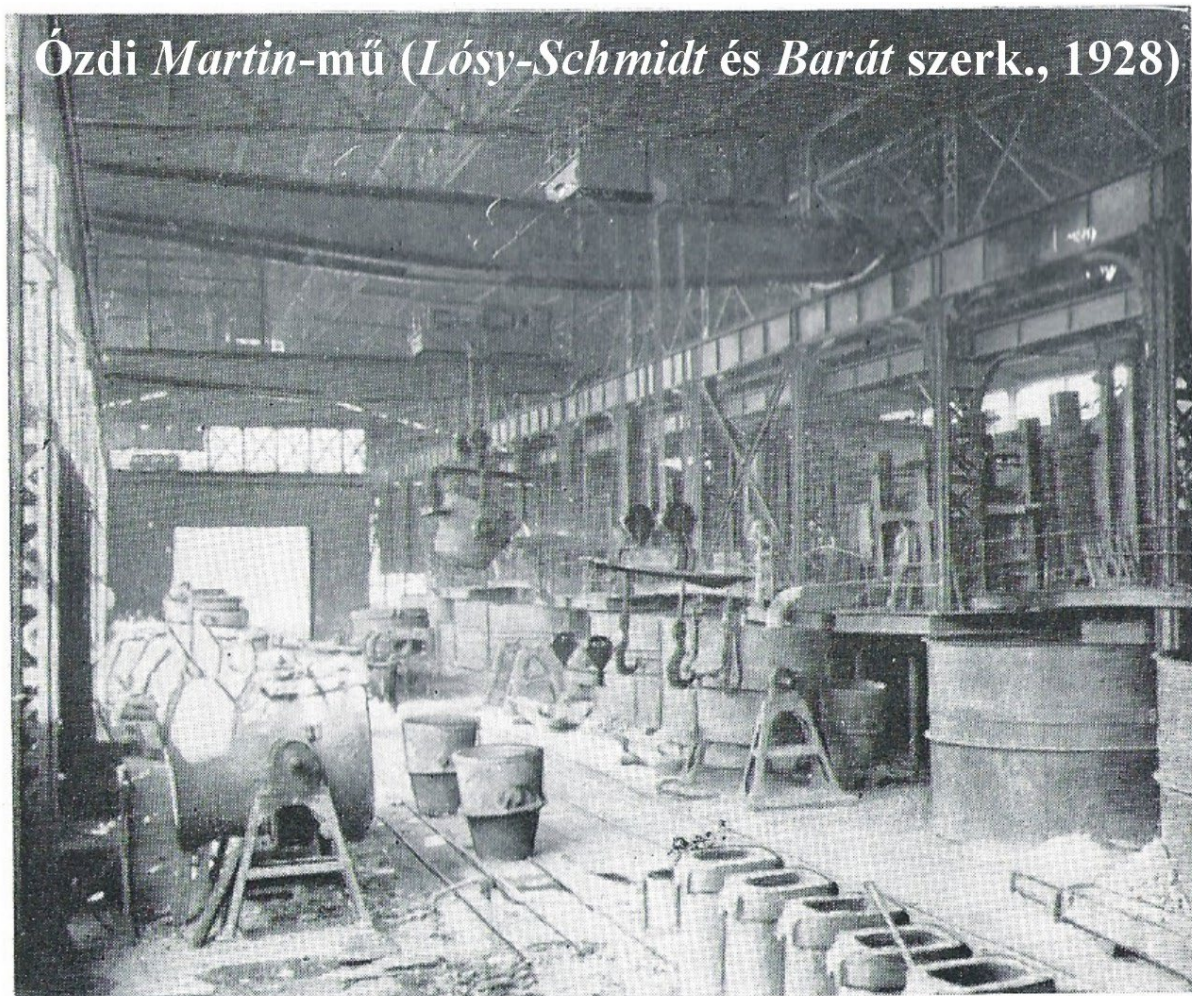
1.5.A15. ábra: A diósgyőri nagykohó a Magyar Posta 1953-ban kiadott Épületek II. bélyegsorozat 70.- fillér névértékű bélyegén

A DIÓSGYŐRI Vas- és Acélgárban 1937. után lehetőség nyílt például az esseni Krupp cég világhírű sav- és hőálló acéljainak gyártására (ezek az acélok 0,07- 0,15% C-t; 18% Cr-ot; 8% Ni-t és 0,4% Mo-t tartalmaztak), majd 1943-ban újabb, 50 kg kapacitású nagyfrekvenciás indukciós kemence kezdte meg működését, különleges acélok, hő-, sav-, és korrózióállóak választékának kikísérletezésére és gyártára. A Diósgyőrben 1982-ben átadott Kombinált Acélmű üzemelével korábban nem gyártott acélminőségek, például az igen csekély C-tartalmú ausztenites sav- és hőálló acélok előállítása oldódott meg. (Nyitrai et al., 2016)

Az LD oxigénes konverteracélgépet a diósgyőri acélművekben az 1980 novemberében, a dunaújvárosi acélművekben 1981 szeptemberében kezdték el. (Osztatni, 1982), (Kiszely, 1986) UHP-típusú elektrokemencét Diósgyőrről 1983-ban helyeztek üzembe. (Kiszely, 1986)

Villamos ívkemencét napjainkban a diósgyőri DAM Steel Rt. és az ózdi ÓAM Kft. működtet. (https://ippc.kormany.hu/download/0/f9/70000/vasgyartas_bref.pdf, 2001)

ÓZDON 1895-1896-ban négy, majd 1962-ben további öt Siemens-Martin-kemencét helyeztek üzembe (1.5.A16. ábra), amelyekben az 1990-es évek elejéig termeltek. (Osztatni, 1982)



1.5.A16. ábra: Martin-acél öntőcsarnok a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. ózdi vasgyárában (Lósy-Schmidt és Barát szerk., 1928)

Ma az Ózdi Acélművek Kft. (ÓAM Kft.) egy elektrokemencéből és egy üstkemencéből álló miniacélművet üzemeltet a rúd- és dróthengerműben lévő négyszálas folyamatos öntőmű kiszolgálására. Az ózdi acélgyárban többek között *melegen hengerelt betonacélt*, köracélt, hengerhuzalt és *hidegen nyújtott betonacélt* gyártanak.

(https://hu.wikipedia.org/wiki/Ózdi_Kohászati_Üzemek)

DUNAÚJVÁROSBAN (Dunai Vasműben) 1954-ben avatták fel az I. számú nagyolvasztót; és ugyanebben az évben indult a *Siemens-Martin*-acélgyártás, amely az utolsó *Siemens-Martin-kemence* leállításával 1992-ben véget ért. (Kiszely, 1986), (Dunaferr, 2000)

Dunaújvárosban 1960-ban meleghengermű, 1965-ben a melegen hengerelt szalagokat feldolgozó hideghengermű és az ötvöztött acélok gyártására ívfényes elektrokemence, 1981-ben a nyersvas tárolására és hőntartására nyersvas-keverőkemence épült. (Kiszely, 1986), (Dunaferr, 2000)

Lásd még: Acélgyártás, Bucakemence, Folytvas, Hámor, Hegeszvas, Kovácsvas

Acélhajlítási vizsgálat

Angolul: Bend test

Németül: Biegeversuch, Faltversuch

A fémek hajlítási vizsgálata technológiai alakíthatósági vizsgálat. Az irodalomban és a szabványokban a hajlítási vizsgálatot általában hajlítóvizsgálatnak nevezik.

Az acélok *hajlítási vizsgálatát* (hajlítóvizsgálatát) hazánkban 1933-ban szabványosították

(MOSz 105:1933). A MOSz 105:1933 szabvány szerinti egyik módszerrel a próbatestet a D -átmérőjű túske körül az előírt szögig, a másik módszerrel pedig előhajlítás után a külső oldal berepedéséig hajlították. A második módszerrel kapcsolatban a MOSz 105:1933 (és a MOSz 102:1933) szabványban találkozunk a *Tetmajer*-féle hajlítószer fogalmával, amelyet $B_g = 50 \times a/r$ összefüggéssel fejezték ki %-ban, ahol „ a ” a próbatest vastagsága és „ r ” a középső szál görbületi sugara.

A hajlítási vizsgálat MOSz 105:1933 szabványbeli leírása 1950-ben az MNOSZ 5702:1950 szabványba került, amely szabványt az MSZ 5701:1978 és MSZ 5702:1978 szabvány váltotta fel; az előbbiben a 3 mm-nél vékonyabb, az utóbbiban a legalább 3 mm vastagságú fémtermékek *hajlítási vizsgálatát* (hajlítóvizsgálatát) tárgyalták. Az MSZ 5702:1978 szabvány szerinti vizsgálat során a próbatestet vagy egy meghatározott szög eléréséig, vagy a két szár párhuzamossá válásáig hajlították meg. Az acélt akkor tekintették alakíthatónak, ha nem repedt meg, nem tört el. Az MSZ 5702:1978 szabvány 1992 szeptemberéig volt érvényben.

A ma is érvényes MSZ 339:1987 magyar betonacél termékstandvány szerint a hajlítóvizsgálatot az MSZ 5702 szabvány szerint legalább 180°-os hajlítási szöggel kell végezni.

Az MSZ 5702:1978 szabványnak ISO szabvány képezhette a hátterét, mert tartalma és ábrái a fémek hajlítóvizsgálatával foglalkozó MSZ EN ISO 7438:2021 szabvány tartalmához és ábráihoz nagyon hasonlítanak. Az MSZ EN ISO 7438:2021 szabvány szerint a próbatest alakja négyszögletes, kör alakú vagy sokszögű lehet. A négyszögletes próbatest vastagsága, illetve a kör alakú vagy szögletes próbatest átmérője lehetőleg 25 mm és 50 mm között legyen. A próbatestet a szilárdságvizsgálógépben hajlítóbetét közbeiktatásával a szárak párhuzamosságáig (180°-os hajlítási szög) vagy az előírt hajlítási szög eléréséig kell hajlítani, illetve addig, amíg bereped. A hajlítóbetétnek háromféle változata van: a) a görgöstámaszos változat nyomótesttel, b) a V-alakú vályús-támaszos változat nyomótesttel, c) a befogásos hajlítási változat boltívestámaszzal.

Mint az 1.5.A17./a) ábrán is látható, a hajlítási vizsgálat befogásos változatát *Bauschinger*-féle hajlítási módszernek is nevezik. Az 1.5.A17./b) ábra érdekessége, hogy ez az ábra mind a mai napig megjelenik a szabványokban (például: MSZ 5701:1978, MSZ 5702:1978, MSZ EN ISO 7438:2021) és az irodalomban (például: *Siebel* szerk., 2. kötet (1955), (*Klein* et al. (2008)). A DIN 1605-4:1936 szabványról a *H. Dubbel* kiadásában 1939-ben megjelent gépészeti zsebkönyvben is olvasni lehet (*Dubbel* kiadó, 1939). A görgöstámaszos hajlítási vizsgáló eszköz görgöstámaszai közötti szabadtávolság (ℓ) egyéb előírás hiányában napjainkban is a következő: $\ell = (D + 3 \times a) \pm a/2$, ahol D a nyomótest átmérője és „ a ” a próbatest vastagsága, illetve átmérője; valamennyi méret mm mértékegységben értendő. (*Siebel* szerk., 2. kötet, 1955), (*Klein* et al., 2008)

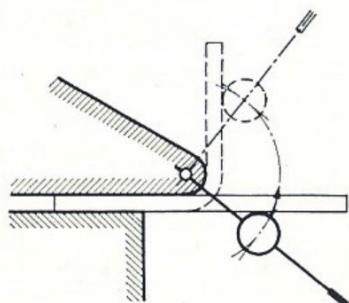


Abb. 5. Falteinrichtung nach BAUSCHINGER.

a) *Bauschinger*-féle befogásos hajlítás

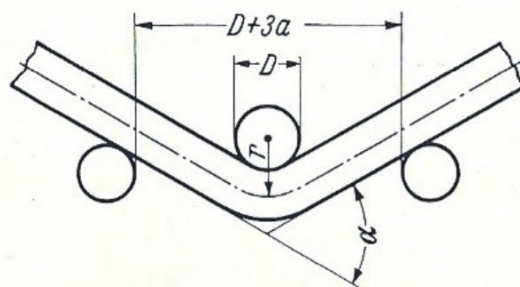


Abb. 6. Faltversuch nach DIN 1605, Blatt 4.

b) DIN 1605-4:1936 szabvány szerinti hajlítás

1.5.A17. ábra: A *Bauschinger*-féle befogásos hajlítás és a visszavont DIN 1605-4:1936 szabvány szerinti görgöstámaszos hajlítás vázlatrajza (*Siebel* szerk., 2. kötet, 1955)

Az európai MSZ EN 10080:2005 hegeszthető betonacél termékszabvány a hajlíthatósági hajlító- és/vagy visszahajlító vizsgálatot a hazánkban is bevezetett EN ISO 15630-1 vizsgálati szabvány tárgykörébe utalta, és előírta, hogy a próbatestet hajlítóvizsgálat során legalább 180°-ra kell meghajlítani, a visszahajlító vizsgálat során pedig először legalább 90°-ra, majd öregítés után legalább 20°-kal kell visszahajlítani. Az öregítés a nem edzett acél szövetszerkezete egyensúlyi állapotának javítási művelete hőkezeléssel (Óvári szerk., 1985).

Az MSZ EN ISO 15630-1:2020 szabvány szerint a hajlítóberendezés hengereinek átmérője és a hajlítási szög, valamint a vizsgálati eredmény értékelése a vonatkozó termékszabvány előírása szerinti legyen. A próbatest anyagát általában akkor lehet megfelelőnek tekinteni, ha rajta szemmel látható repedések nem jelennek meg. A bordák (angolul: rib; németül: Rippe) vagy rovátkák (angolul: indentation; németül: Profilierung) tövében keletkező felületi repedések nem tekintendők hibának; a repedés akkor nevezhető felületi repedésnek, ha a mélysége nem nagyobb, mint a szélessége.

R. Wellinger írta (Siebel szerk., 2. kötet, 1955), hogy a hajlítás során a próbatest külső húzott tartománya és belső nyomott tartománya általában eltérően viselkedik (1.5.A18./a) ábra), a meghajlított próbatest alakja ritkán ideális (1.5.A18./d) ábra), a próbatest nem egyszer a hajlítási síkra merőlegesen kigyűrődik (1.5.A18./b) ábra és c) ábra), sokszor sarkosan hajlik meg (1.5.A18./e) ábra). A sarkosan meghajlott próbatest esetén is az α hajlásszög a mértékadó, a β hajlásszög egyébként is nehezen lenne meghatározható.

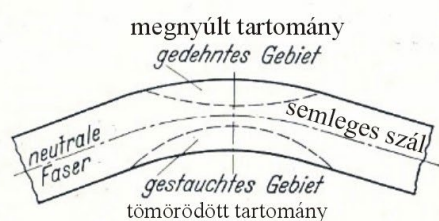


Abb. 11. Darstellung der gestauchten und gedehnten Zonen einer Faltprobe.

a) Meghajlított próbatest húzott-nyomott tartománya

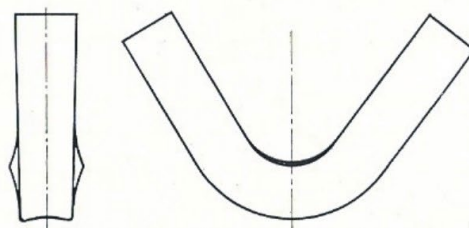


Abb. 12. Gestalt der gefalteten Probe nach geringer Verformung.

b) Kissé meghajlított próbatest gyakori alakja

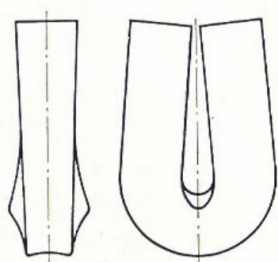


Abb. 13. Gestalt der gefalteten Probe nach starker Verformung.

c) Nagyon meghajlított próbatest gyakori alakja

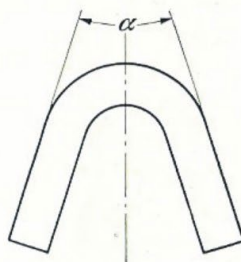


Abb. 14. Idealform einer gefalteten Probe.

d) Ideálisan meghajlott próbatest

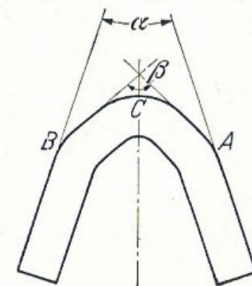


Abb. 15. Eckige Form einer gefalteten Probe.

e) Sarkosan meghajlott próbatest

1.5.A18. ábra: A meghajlított próbatest különféle alakjai

Megjegyezzük, hogy a betonacélok és feszítőhuzalok alakíthatóságáról Bodó László 1967-ben és 1985-ban írt könyvet.

Lásd még: Acél alakíthatósága, Acélhajlítgatási vizsgálat, Öregítés

Acélhajlítgatási vizsgálat

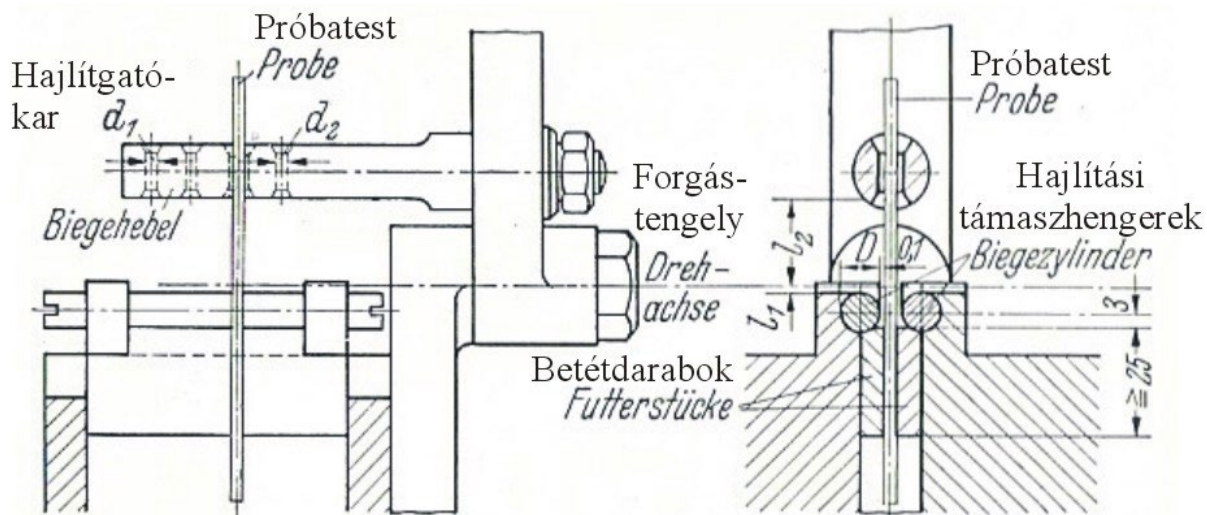
Angolul: Reverse bend test

Németül: Wechselbiegeversuch, Hin- und Herbiegeversuch, Umbiegeversuch

A fémek hajlítgatási vizsgálata technológiai alakíthatósági vizsgálat. Az irodalomban és a szabványokban a hajlítgatási vizsgálatot többnyire hajtogató-vizsgálatnak nevezik.

Az MSZ 5999-1:1972 visszavont szabvány szerinti *hajlítgatási vizsgálattal* (hajtogató-vizsgálattal) a legalább 0,4 mm és legfeljebb 8,0 mm átmérőjű fémhuzalok alakíthatóságát vizsgálják. A vizsgálat eszköze a hajlítgató (hajtogató) berendezés. A próbapálcát a huzalátmérőtől függő átmérőjű támaszhengerek közé fogják be, és a hajlítókár segítségével mindkét irányban 90°-ra hajlítgatják. A vizsgálat eredménye a törésig elviselt hajlítások száma. (Balázs szerk., 1983)

A legfeljebb 7,0 mm átmérőjű huzalok *hajlítgatási vizsgálatával* (hajtogató-vizsgálatával) foglalkozott a DIN 51211:1934 szabvány is (1.5.A19. ábra), amelynek legutóbbi változatát (DIN 51211:1978) a DIN ISO 7801:2008 szabvány váltotta fel. Siebel (szerk., 2. kötet, 1955) szerint a hajlítgatási vizsgálat eredményéből az acélhuzal tartósságára lehet következtetni.



1.5.A19. ábra: A hajlítgatókészülék rajza a visszavont DIN 51211:1934 szabványban (Siebel szerk., 2. kötet, 1955)

Megjegyezzük, hogy a betonacélok és feszítőhuzalok alakíthatóságáról Bodó László 1967-ben és 1985-ban írt könyvet.

Lásd még: Acél alakíthatósága, Acélhajlítási vizsgálat

Acél hegeszthetősége

A szenen kívül más ötvözt nem tartalmazó úgy nevezett *ötvöztlen szénacél* általában akkor hegeszthető, ha a széntartalma legfeljebb 0,22 – 0,25 tömeg%. A hegeszthető acél ne legyen edzhető. (Edzés az a hőkezelési eljárás, amelynek során az acélt felmelegítik 950 °C fölé, majd nagy sebességgel lehűtik. Az edzés célja a nagykeménységű szövetszerkezet előállítása. Az erősen edzett acélok üvegszerűen ridegek.) A nem edzhető acél-ötvözetek az edzhetőknél puhábbak, ezért azokat lágyvasnak (lágyacélnak) nevezik. A hegeszthető betonacélokat meleghengerléssel és/vagy hidegalakítással gyártják. A 0,22 – 0,25 tömeg%-nál nem nagyobb széntartalmú *melegen hengerelt betonacélok* (MSZ 339:1987) és a legfeljebb 0,2 tömeg% széntartalmú *hidegen alakított betonacélok* jól hegeszthetők. (Palotás, 1979, 2. kötet)

A hidegalakítás például a melegen hengerelt betonacélok bordázata elkészítésének egyik lehetséges módja. Hidegalakítással készül például az MSZ 982:1987 szabvány szerinti BHB 55.50 jelű betonacél és az abból gyártott, MSZ 982:1987 szabvány szerinti betonhálóacél.

A szénen kívül más ötvözőt is tartalmazó, úgy nevezett *ötvözött szénacél* hegeszthetőségét az ötvöző elemek (szén, mangán, króm, molibdén, vanádium, nikkel, réz,) mennyiségét is figyelembe vevő szénegyenérték ($C_{eq}^{\%}$, $C_{ekv}^{\%}$) fejezi ki, amelynek megengedett legnagyobb értéke a hegesztendő anyag vastagságától (d) függ, elegendő üzembiztonság mellett például $d = 6,35$ mm esetén $C_{eq}^{\%} \leq 0,45$ tömeg%, $d = 12,7$ mm esetén $C_{eq}^{\%} \leq 0,40$ tömeg%, $d = 25,4$ mm esetén $C_{eq}^{\%} \leq 0,35$ tömeg%.

A *hidegen húzott feszítőhuzalok* (ötvözetlen acélhuzalok) széntartalma 0,45 – 0,80 tömeg%, tehát nem hegeszthetők. (Balázs, 1984)

A teherhordó betonvasalás hegesztett kötéseivel az MSZ EN ISO 17660-1:2007, a nem teherhordó betonvasalás hegesztett kötéseivel az MSZ EN ISO 17660-2:2007 szabvány foglalkozik.

Lásd még: Acél szénegyenértéke, Acél, Acélgyártás, Lágyacél

Acél hidegalakítása

Az acélművi olvadékból hidegen alakított vastermékek többségét előzőleg melegen alakítják, általában melegen hengerlik. A melegen hengerelt acél hidegalakítását az újrakristályosodási (lágyulási) hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten végzik. A vas-szén ötvözet újrakristályosodási hőmérséklete mintegy 730 °C. Az úgy nevezett „félmeleg” alakítás hőmérséklet-tartománya acél esetén 200-730 °C. Az hidegalakítása gyakorlatilag felmelegítése nélküli alakítás. (Óvári szerk., 1985)

A hidegalakítás fajtái: hideghengerlés, hideghúzás, hideg térfogatalakítás, lemezek hidegalakítása. (Palotás, 1979, 2. kötet)

Lásd még: Betonacél hidegalakítása, Acélgyártás, Acél melegalakítása

Acélhuzal

Az acélhuzal, más szóval a hengerhuzal (hengerelt huzal), a drót, melegen hengerelt késztermék, meleg állapotban szabálytalanul feltekercselve. Szelvénye kör, ovál, négyzet, téglalap, hatszög, nyolcszög, félkör stb., felülete rendszerint sima. A kör és négyzet keresztmetszetű huzalok mérethatára a legtöbb szabvány szerint 5-30 mm; a **betonacélhuzalok** mérethatára (átmérője) 5-12 mm. Hétköznapi értelmezés szerint az acélhuzal kisméretű feltekercselt köracél. Használati értékét elsősorban a hidegalakíthatóság szabja meg. (Óvári szerk., 1985)

Az MSZ EN 10079:2007 szabványban megkülönböztetik a hengerhuzalt és huzalt:

- A hengerhuzal melegen hengerelt hosszú acéltermék, amelynek átmérője általában legalább 5 mm és szabálytalanul tekercsbe van csévéelve. Keresztmetszete kör, félkör, ovális, négyzet, négyszög, hatszög, nyolcszög és hasonló alakú, felülete sima. A hengerhuzalt általában továbbalakítják például hideghúzással, vagy anélkül hegesztett hálók vagy más, betonvasalásra használt elemek gyártására.
- A huzalt hengerhuzalnak húzógyűrűn vagy hengerek közötti hideghúzásával és a húzott termék újracsévélésével gyártják. Keresztmetszete általában kör, olykor ovális, négyzet, négyszög, hatszög, nyolcszög vagy más domború alakú. A huzal tulajdonságai a gyártás folyamán hő- és/vagy felületi kezeléssel javíthatók. A huzal lehet bevonat nélküli (húzott, lágyított) vagy bevont (például horganyzott, rezezt, nikkelezett vagy műanyaggal bevont) kivitelű.

Lásd még: Acélgyártás, Betonacél

Acél húzószilárdsága

Az acélokat húzószilárdságuk alapján például Svájcban a SIA 162:1956, SIA 162:1968 és SIA 162:1993 szabványban osztályozzák.

Lásd még: Anyagszilárdsági alapok teherbírás-biztonsági méretezéshez

Acél keménysége

Lásd: Keménység

Acél kovácsolása

Az acél kovácsolhatósága annak köszönhető, hogy kristályszerkezete nagy hőmérsékleten megváltozik, a térben középpontos köbös helyett felületen középpontos köbös kristályrács alakul ki, az anyag szilárd-képlékeny (ausztenites) állapotba kerül, amelyben az atomjai kis mechanikai hatásra elcsúsznak egymáson, miáltal az acél könnyen alakíthatóvá válik. (Vidovszky, 2007)

Jó minőségű kovácsdarabot csak helyesen választott összetételű, jól méretezett öntött tuskóból, előkovácsolt vagy előhengerelt bugából lehet gyártani. Az alapanyag *Siemens-Martin* acél (SM-acél), elektroacél (E-acél) vagy konverteresacél (LD-acél) lehet. Az acél kovácsolási hőmérséklete általában legalább 1100 °C. A 450-900 °C hőmérsékleten végzett félmeleg kovácsolás egyesíti a meleg- és hidegalakítás előnyeit; nagy méretpontosság, jó felületi minőség érhető el, mert elmarad a revesedés. (Óvári szerk., 1985)

Lásd még: Acélgéártás, Acél alakíthatósága

Acél melegalakítása

A melegalakításról akkor beszélünk, ha az acélművi kemencéből csapoláskor kikerülő acéolvadékot az újrakristályosodási (lágyulási) hőmérsékletnél nagyobb hőmérsékleten alakítják át. A vas-szén ötvözet újrakristályosodási hőmérséklete mintegy 730 °C. Melegalakításkor az alakváltozással egyidejű a keményedés, a lágyulás és a részleges újrakristályosodás. (Óvári szerk., 1985)

A melegalakítás fajtái: hengerlés, kovácsolás (nyújtás, szélesítés; zömítés; lyukasztás, hasítás; vágások módozatai; hajlítás, csavarás); sajtolás; varratnélküli csögyártás; rúd-, huzal- és csőhúzás; rúd- és csőhajlítás. (Palotás, 1979, 2. kötet)

A betonacélok melegalakítási módja a melegghengerlés.

A kovácsolt vagy hengerelt folytacélt normalizálásának, lágyításának, edzésének, betétedzésének, nemesítésének fogalmát a régi MOSz 106:1933 szabványban is megadták.

Lásd még: Betonacél melegghengerlése, Acélgéártás, Acél hidegalakítása, Acél kovácsolása, Betétedzés, Edzés, Lágyítás, Nemesítés, Normalizálás

Acél szakítószilárdsága

Lásd: Acél húzószilárdsága

Acélszál-erősítésű beton

Lásd: Szálerősítésű beton

Acél szénegyenértéke

Az ötvözött szénacélok szénegyenértékét ($C_{eq}^{\%}$, illetve $C_{ekv}^{\%}$) a hegeszthető betonacélokra az MSZ EN 10080:2005 európai szabvány szerint az anyagvastagságtól függetlenül a következő képletből kell kiszámítani:

$$C_{eq}^{\%} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

A hegeszthetőség feltétele olvadékvizsgálat esetén a széntartalom $C^{\%} \leq 0,22$ és a szénegyenérték $C_{eq}^{\%} \leq 0,50$ tömeg%, illetve termékvizsgálat esetén $C^{\%} \leq 0,24$ és $C_{eq}^{\%} \leq 0,52$ tömeg%.

Lásd még: Acél hegeszthetősége, Acél, Acélgyártás

Acél szikrapróbája

Angolul: Spark testing

Németül: Funkenprobe, Schleiffunken-Analyse

A szikrapróba módszer az acélok kémiai összetételének durva becslésére. A vizsgálandó acélpróbatestet sötét helyiségben kell forgó lágy köszörűkoronghoz nyomni. A keletkező szikrakép alakjából és színéből – az összehasonlító-táblázat (például: *Tschorn*, 1961) képeivel egybevetve – következtetések vonhatók le az acél összetételére, az ötvözőkre, főképp széntartalomra (1.5.A20. ábra).

A szikrapróba az acél összetételének helyszíni közelítő vizsgálatára ajánlható.



1.5.A20. ábra: Példa az automataacél szikraképére. Megjegyzés: Az automataacélok automatizált szerszámgépeken történő megmunkálás (esztergálás, marás, fúrás) céljára készülő általában kén (S), mangán (Mn), ólom (Pb) acélötvözetek.

Forrás: <https://www.europa-lehrmittel.de/tm47> (videófilm képkocka)

Japánban a szikrapróbára ipari szabványt adtak ki (JIS G 0566:1980), és szikrapróba összehasonlító mintakészleteket is forgalmaznak (1.5.A21. ábra). A mintakészlet gyorsítja, megkönnyíti és pontosabbá teszi a vizsgált próbatest szikraképének értékelését.



Forrás: https://www.yakinmaju.com/en/products/detail/yamamoto_standard_pieces_for_spark_test

1.5.A21. ábra: Japán szikrapróba összehasonlító mintakészlet. Forrás: https://www.yakinmaju.com/en/products/detail/yamamoto_standard_pieces_for_spark_test
Lásd még: Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Acél szívóssága

Angolul: toughness

Németül: Zähigkeit

A szívósság a szerkezeti anyagok, elsősorban a fémek, szerkezeti acélok tulajdonsága, amelyet a próbatest eltöréséhez szükséges fajlagos ütőmunkával szokás jellemezni. Valamely anyag annál szívósabb, minél nagyobb energia (munka) szükséges az eltöréséhez. A nagy ütőmunkájú anyagok szívósan, a kis ütőmunkájú anyagok ridegen viselkednek. Az anyag szívósságára a törés körülményeiből szemrevételezéssel is lehet következtetni: a rideg törést nem előzi meg nagy képlékeny (plasztikus) alakváltozás, a törés felülete finom szemcsés; a szívós anyag törésénél az anyag alakváltozása jelentős, a törés felülete durva szemcsés.

*Rejtő Sándor*¹⁹ professzor ridegnek tekintette a fémeket, ha a külső erők hatása alatt a maradandó alakváltozás beállta előtt elszakad vagy eltörik; szívósnak pedig akkor, ha a maradandó alakváltozás folyamata alatt a szemcsét alkotó csoportok anyaga együtt marad, ha tehát a szemcse csak megnyúlik a test méretnövelése irányában (*Rejtő*, 1924).

A fémek, acélok fajlagos ütőmunkáját a *Charpy*²⁰-féle ingás ütve-hajlító készülékkel (*Charpy*-kalapáccsal) ma az MSZ EN ISO 148-1:2017 szabvány szerint vizsgáljuk, míg régebben a vizsgálatot szobahőmérsékleten a visszavont MSZ 105-16:1979 szabvány szerint végeztük. A kísérleti eredményül kapott mérőszám tapasztalati érték, amely elméletileg nem vezethető le az anyag más szilárdsági tulajdonságaiból.

Az MSZ EN ISO 14556:2016 szabványban eljárást írnak le az ütőerő-behajlás görbe felvételére és a törési szívósság meghatározására, amely az ütőmunkát kifejező görbe alatti területtel arányos. E módszerrel megkülönböztethető a kisebb szilárdságú szívós anyag fajlagos ütőmunkája a nagyobb szilárdságú rideg anyag esetleg közel azonos mértékű fajlagos ütőmunkájától (1.5.A22. ábra). Az MSZ EN ISO 14556:2016 szabvány szerinti úgy nevezett műszeres vizsgálati módszer (angolul: instrumented test method; németül: instrumentiertes Prüfverfahren) eszközigénye a *Charpy*-kalapácson kívül az elmozdulás-mérő és az xy-rajzoló. (*Seidel et al.*, 2018)

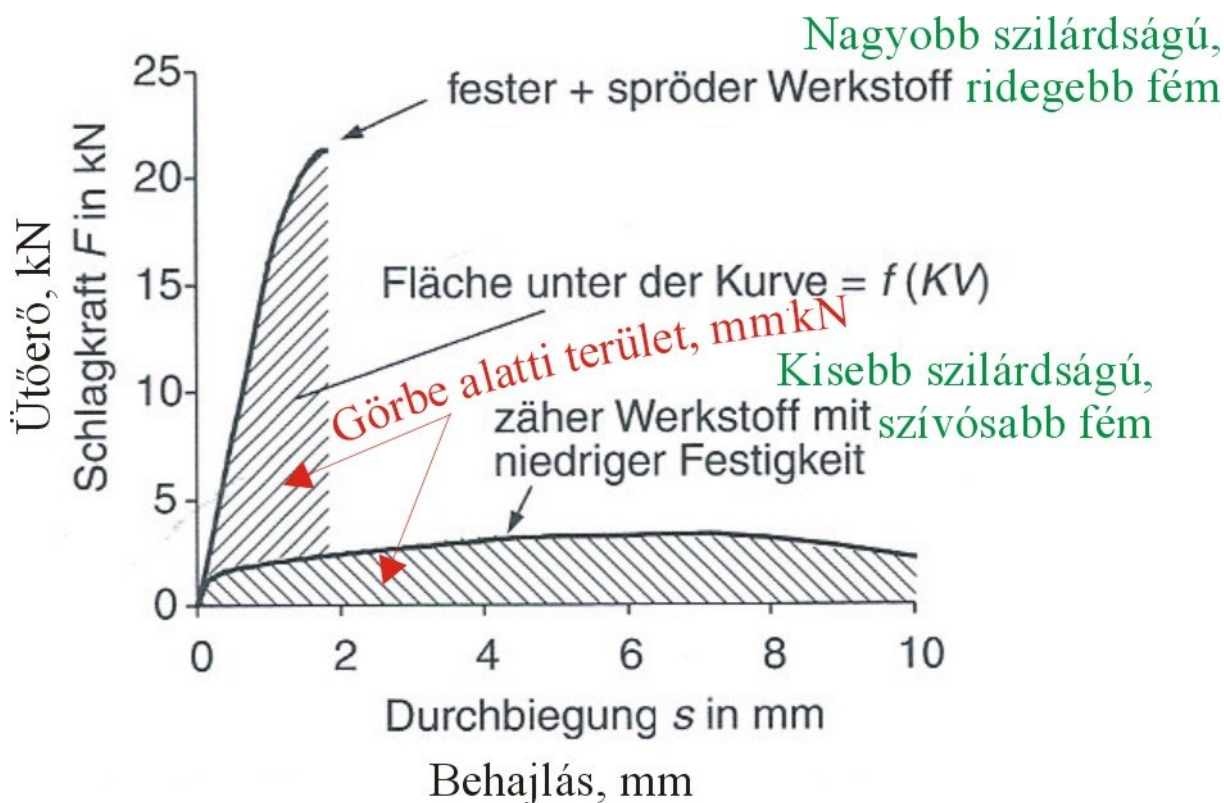
¹⁹ *Rejtő Sándor* (1853, Kassa – 1928, Budapest), gépészmérnök, műegyetemi tanár, akadémikus. *Haltenberger Sándor* néven született, nevét 1877-ben magyarosította. 1877-ben elsőként kapott gépészmérnöki oklevelet a Műegyetemen. 1886-ban műegyetemi magántanár, 1888-ban a Mechanikai Technológia Tanszék (a „Gillemot Tanszék” elődje) helyettesítő tanára, 1891-ben annak vezető tanára. 1901–1902-ben a Királyi József Nádor Műegyetem Gépészmérnöki Karának dékánja, 1920–1921-ben a Műegyetem rektora volt. 1912-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, 1923-ban rendes tagja lett. Alapítója volt a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének. Munkásságát számos elismerés övezte.

Fő műve a több kiadást megért négykötetű „Az elméleti mechanikai technológia alapelvei” főcímet viselő könyve, amelynek átdolgozott változata „Einige Prinzipien der theoretischen Mechanischen Technologie der Metalle” címmel 1927-ben, Berlinben, német nyelven is megjelent.

Nevét az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kara viseli, mellszobra az Óbudai Egyetem szoborparkjában áll. Emlékét a BME Gépészmérnöki Kar Anyagtudomány és Technológia Tanszék MT. épületbeli (1111 Budapest, XI. Bertalan L. u. 7.) előcsarnokában felállított mellszobra is őrzi.

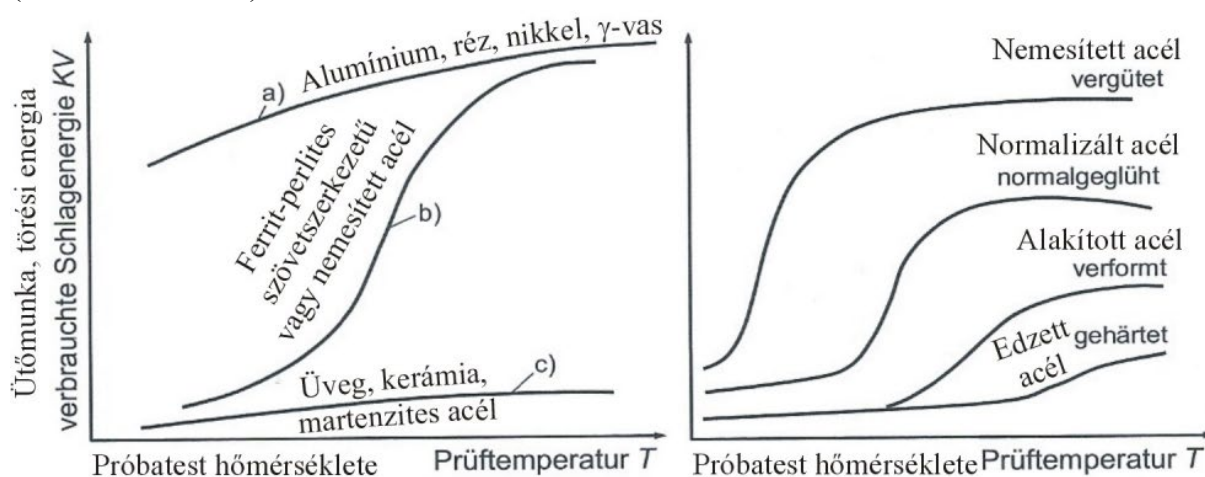
Forrás: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Rejtő_Sándor_\(gépészmérnök\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Rejtő_Sándor_(gépészmérnök)),
<https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/703.html>,
<https://news.uni-obuda.hu/articles/2012/09/06/rejto-sandor-szoboravatas>,
<http://www.szaltextilesruha.com/neacutevadoacutenk.html>,
<http://www.att.bme.hu/tanszekunkrol/tortenet>

²⁰ *Charpy, Georges Augustin Albert* (1865, Oullins – 1945, Párizs) francia tudós, egyetemi tanár, a francia Tudományos Akadémia tagja. A párizsi Ecole des Ponts et Chaussées főiskolán 1887-ben tengerész tűzvédelmi végzettséget szerzett. 1918-ban az Aciéries de la Marine et d'Homécourt acélművek vezérigazgatóhelyettese lett. 1920-ban École des mines kohászatának professzorává, majd 1922-ben az École polytechnique általános kémia professzorává nevezték ki. A *Charpy*-féle ütőmunka vizsgálat kifejlesztésével nagyban hozzájárult a fémek hőmérsékletfüggő törési tulajdonságainak megértéséhez.



1.5.A22. ábra: Különböző szívósságú fémek MSZ EN ISO 14556:2016 szabvány szerinti Charpy-féle ütőerő-behajlás görbéinek összehasonlítása (Seidel et al., 2018)

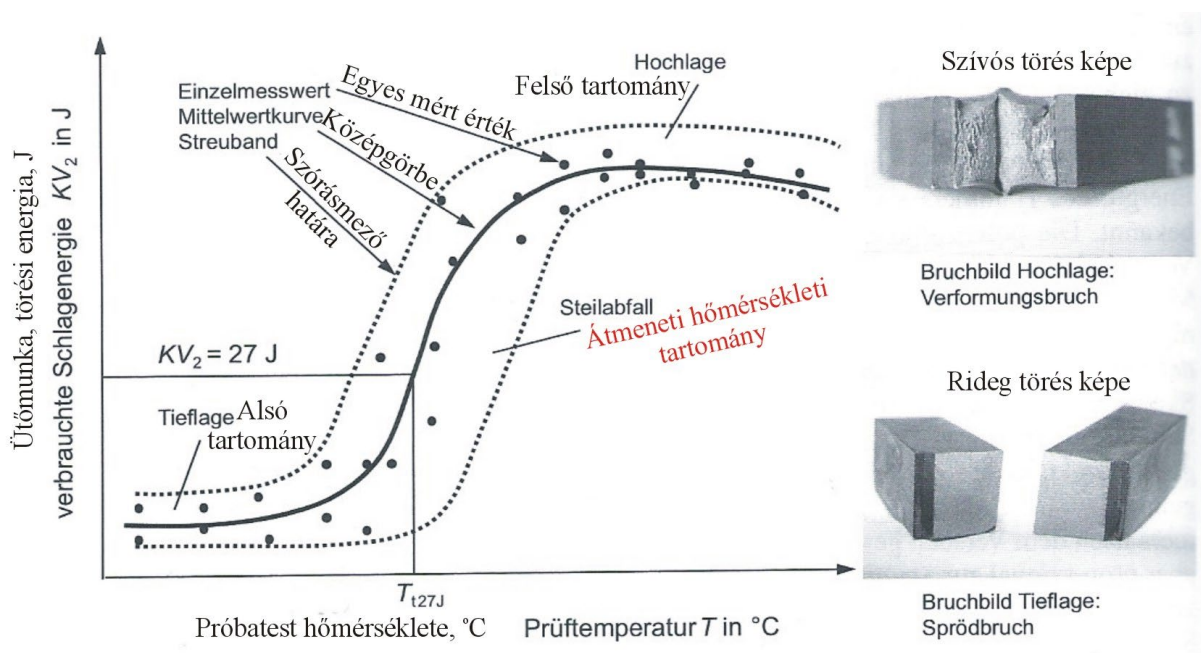
A fajlagos ütmunka az anyagminőségen és gyártástechnológián túl erősen függ a vizsgálati próbatest hőmérsékletétől, mint azt a próbatest hőmérséklete függvényében megrajzolt ütmunka görbék szemléltetik, amelyek alakja és elhelyezkedése a koordináta-rendszerben anyagonként, az acél tekintetében pedig feldolgozási technológiánként is változik (1.5.A23. ábra). A legtöbb anyag a hőmérséklet növekedésével előbb ridegen, majd szívósan viselkedik. (Seidel et al., 2018)



1.5.A23. ábra: Különböző anyagok és acélféleségek ütmunka görbéjének alakja és elhelyezkedése a hőmérséklet-ütmunka koordináta-rendszerben, vázlatos ábrázolás (Seidel et al., 2018)

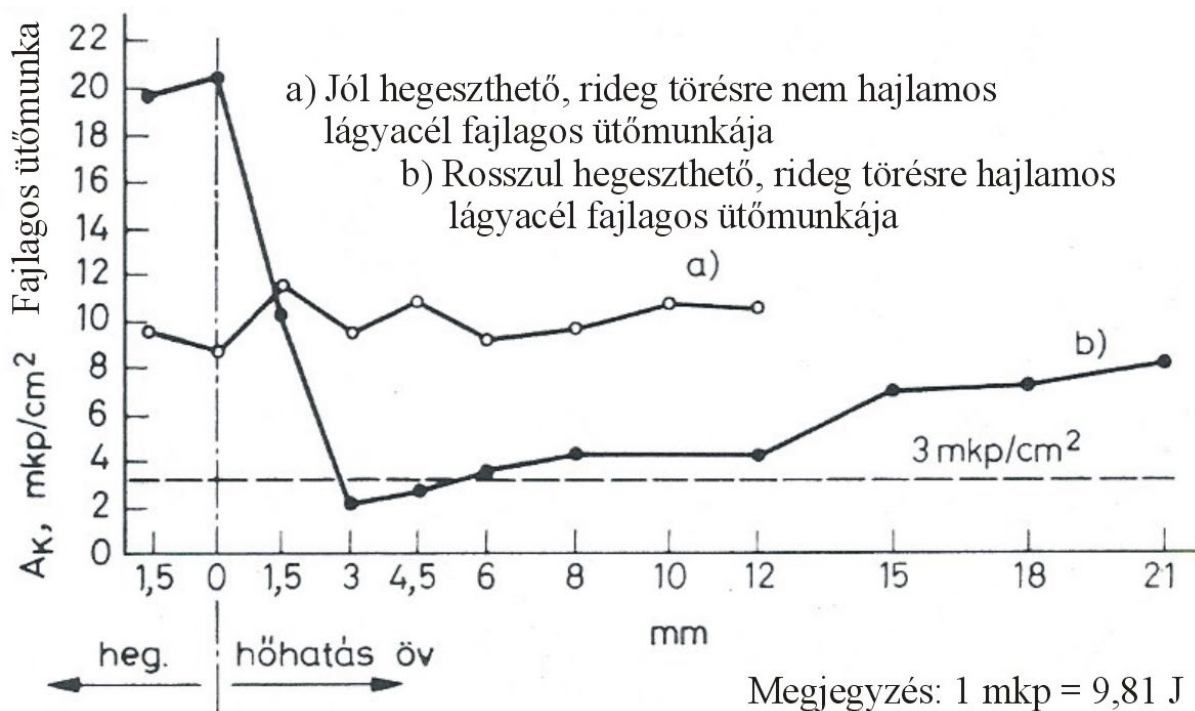
Az 1.5.A24. ábrán a térben középpontos köbös kristályrácsú ferrites-perlites szövetszerkezetű vagy nemesített acél (α -vas) jellegzetes ütmunka görbéje látható. Ennek az „S” alakú görbének az alsó, alulról nézve domború szakasza a rideg törést, a felső, alulról nézve homorú szakasza a szívós törést jeleníti meg. Az alsó és a felső szakasz közötti inflexiós pont környezetéhez (angolul: steep drop; németül: Steilabfall) tartozó hőmérsékletet átmeneti hőmérsékletnek

nevezik. Az átmeneti hőmérséklet a fémek ridegtörési hajlamát jellemzi. Minél kisebb az anyag átmeneti hőmérséklete, annál nagyobb a ridegtöréssel szembeni ellenállása; ezért a szerkezeti acél minősége annál inkább megfelelő, minél kisebb az átmeneti hőmérséklete. Az átmeneti hőmérséklet a hideg-alakítással nő, a lágyító hőkezeléssel csökken.



1.5.A24. ábra: Térben középpontos köbös kristályrácsú ferrites-perlites szövetszerketű vagy nemesített acél (α -vas) jellegzetes ütőmunka görbéje (Seidel et al., 2018)

Azok az acélok, amelyek ütőmunkája a hegesztés hőhatására a hegesztési varrat környezetében jelentősen lecsökken, hajlamosak a rideg törésre, és rosszul hegeszthető acélként minősülnek. Palotás professzor irodalomra hivatkozva írta (Palotás, 1979, 2.kötet), hogy abban az esetben tekinthető hegeszthetőnek az acél, ha az ütőmunka-eloszlási diagramjában előforduló legkisebb fajlagos ütőmunka érték nagyobb, mint az eredeti érték fele, de legalább $3 \text{ mkp/cm}^2 \approx 29,4 \text{ J/cm}^2$ (1.5.A25. ábra).



1.5.A25. ábra: Lágyacél fajlagos ütmunka-eloszlása a hegesztési varrat környezetében a hegesztés okozta rideg törési hajlam függvényében (*Palotás, 1979, 2.kötet*)

A szerkezeti acélok törési szívósságával kapcsolatos általános épületméretezési előírásokat az MSZ EN 1993-1-1:2009 Eurocode 3 szabványban, az anyagválasztási szempontokat a szívósság alapján az MSZ EN 1993-1-10:2011 Eurocode 3 szabványban, az épületek földrengésre méretezésének az acélok törési szívósságával kapcsolatos szabályait pedig az MSZ EN 1998-1:2009 Eurocode 8 szabványban fogalmazták meg.

A régi MOSz 106:1933 szabványban írták: A kovácsolt vagy hengerelt folytacél különböző hőfokokon, különféle hosszú ideig tartó izzítással lágyítható, aszerint, hogy a szívósságot emelni, a belső feszültségeket megszüntetni, vagy az anyagot lágyabbá tenni akarjuk. Ugyancsak az elérendő cél szabja meg a lehűtés módozatát is.

Lásd még: Acél lágyítása, Nemesítés, <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/177-utomunka.pdf>

Acéltuskó

Tuskó angolul: Ingot; németül: Block, fester Rohstahl (szilárd nyersacél)

Öntött tuskó angolul: Ingot casting; németül: Blockguß

Az acéltuskó kihűlt gyártásközi acéolvadék, amelyet akkor öntenek, ha az acélterméköntés nem folyamatos. Szerepe az acélgyártásban a folyamatos acélöntés általánossá válásával egyre kisebb.

Az acéltuskó az acélművi kemencéből kétrészes öntőformába (kokilla, francia eredetű szó → coquille) csapolt, annak alakját felvett, abból izzó állapotban ürített, majd kihűlt, kokilla-alakú acéolvadék. A felhevített acéltuskókból kovácsolással vagy hengerléssel készítenek acéltermékeket.

Az MSZ EN 10079:2007 szabvány szerint a tuskók a folyékony acél kokillákba öntésével előállított termékek, amelyek alakja többnyire csonka gúlához vagy csonka kúphoz hasonlít, voltaképp a továbbdolgozástól függ, amely általában meleghengerlés vagy kovácsolás.

Az acéltuskót öntött-tuskónak, blokknak, „ingot”-nak is nevezik. (*Engelhardt, V. J. K., 1905*), (*Lósy-Schmidt et al., 1928*), (*Osztatni, 1982*), (*Óvári szerk., 1985*)

Lásd még: Acélgyártás, Acél melegalakítása

Adag

Lásd: Vizsgálati adag

Adagolás

Adagolás alatt az alkotóanyagok (összetevők) keverékbe, oldatba stb. általában tömegarány, bizonyos esetekben térfogatarány szerinti juttatását értjük.

Adalékanyag

Angolul: Aggregate

Németül: Zuschlagstoff

Tömör vagy porózus szerkezetű természetes, mesterséges vagy – bontási törmelékből, építési építőanyag-gyártási hulladékból, esetleg friss betonból visszanyert – újrahasznosított szemhalmaz, amelyet a betonban a cementkő köt össze. Testsűrűsége alapján könnyű, szokványos (közönséges, normál) vagy nehéz adalékanyag lehet. A szokványos és nehéz betonadalékanyagok tulajdonságait az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványban, a könnyű betonadalékanyagok tulajdonságait az MSZ EN 13055:2016 szabványban tárgyalják.

A prEN 17555-1:2021 szabványtervezet előszava szerint a betonok, a habarcsok, a műtárgy- és útépítésben használt kötőanyag nélküli és hidraulikusan kötött építőanyagok és az utak,

repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékei és aszfalt felületi bevonatai adalékanyainak termékszabványait (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, MSZ EN 13043:2003) összevontan fel fogja váltani az építmények adalékanyagainak EN 17555-1 termékszabványa. E szabványok összevonásához a **prEN 17555-2:2021** szabványban fűznek magyarázatokat.

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványnak a természetes és mesterséges eredetű kőanyagghalmazokon kívül csak a tulajdonképpeni újrahasznosított adalékanyagok képezik a tárgyát; ez a szabvány a visszanyert adalékanyag fogalmát nem ismeri, azok fajtái egyikének tulajdonságaival, követelményeivel, vizsgálati módszereivel stb. sem foglalkozik.

Hazánkban az útépitési és közúti műtárgyépítési aszfalt- és betonadalékanyagok, valamint kőlisztek tulajdonságait és követelményeit összevontan az e-UT 05.01.15:2018 útügyi műszaki előírásban szabályozták.

Lásd még: Kőanyagghalmaz, Kőliszt, Könnyű adalékanyag, Nehéz adalékanyag

Adalékanyag egyenlőtlenségi együtthatója

Lásd: Egyenlőtlenségi együttható

Adalékanyag felületi nedvessége

Az adalékanyag felületi nedvessége a víz anyagsűrűségének, az adalékanyag térfogati fajlagos felületének és az adalékanyag szemekre tapadó folyamatos vízfilm vastagságának a szorzata. Mértékegysége: kg/m^3 . A vízfilm vastagsága a víz és az adalékanyag szem közötti (adhéziós erő befolyásolta) *határ* felületi feszültségnek (T/m^2) a növekedésével növekszik, a határ felületi feszültség pedig – amelyet a vízzel érintkező szilárd anyag felületi görbülete is befolyásol – a szemnagyság csökkenésével növekszik, tehát a vízfilm annál vastagabb, minél kisebb a szemnagyság. A vízfilm vastagsága *Moro* (2009) szerint általában kisebb, mint $0,5 \mu\text{m}$. Az egymáshoz közel lévő adalékanyag szemeket bevonó vízfilm egymáshoz érve vízhidat képez. Az adalékanyag felületi nedvességének legnagyobb értékét a betontechnológiai gyakorlatban az adott finomsági modulusú adalékanyag vízigényével szokás kifejezni (*Ujhelyi* ²¹ 1989 és 2005). A tömött szövetszerkezetű adalékanyag tényleges felületi nedvességét a *Thaulow*-féle eljárással lehet megmérni (*Iken et al.* 2012).

Lásd még: Adalékanyag vízigénye

²¹ *Ujhelyi János* (1925, Debrecen – 2011, Budapest) okl. építőmérnök, műegyetemi doktor (1968), a műszaki tudományok kandidátusa (MTA, 1968), a műszaki tudományok doktora (MTA, 1990, https://mta.hu/koztestuleti_tagok?PersonId=22810), címzetes egyetemi docens, címzetes főiskolai tanár (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2012_1.pdf). Kutatási területe a betontechnológia. 1951-től több mint negyven éven át az Építéstudományi Intézet tudományos kutatója, ezt követően a Betonolith K+F Kft., majd a CEMKUT Cementipari Kutató-fejlesztő Kft. tudományos tanácsadója. Számos egyetemi és főiskolai kurzus előadója, hazai és nemzetközi szervezetek tudományos tanácsadója. Kimagasló a szabályozásban játszott szerepe. Ma is alapműnek számít a szürke-sárga füzetek néven emlegetett, 1995-ben kiadott beton és vasbeton készítési műszaki előírás. A nevéhez fűződik számos európai beton tárgyú szabvány szakszerű fordítása, értelmezése, azok nemzeti alkalmazási dokumentumának kidolgozása. Irodalmi tevékenysége maradandó. Folyóirat cikkeinek száma mintegy 150, bel- és külföldi előadásainak száma több mint 150. 12 szakkönyv társszerzője, melyek közül többnek a főszerkesztője; önálló könyveinek száma 8. A BME Építőmérnöki Karának szakmérnöki egyetemi tankönyveként 2005-ben kiadott „Betonismeretek” *Ujhelyi János* tudományos elveinek és módszertanának összefoglalója. Kutatási eredményeit áttekintő írásai a világhálón olvashatók: <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/ujhelyi-popovics-tartalom.pdf>, <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi-emlekerme.pdf>

Adalékanyag pépigénye

Az adalékanyag pépigénye (cementpépigénye) azonos a vízmegtartóképeségnek megfelelő vízadagolással megkevert (nedvesített) és betömörített (bevibrált) adalékanyaghalmoz szemei közötti hézagok térfogatának és a száraz adalékanyaghalmoz befogadó tér térfogatának hányadosával. Más szóval: az adalékanyag pépigénye a lehető legtömörebb adalékanyaghalmoz hézagtérfogatával egyenlő. Mértékegysége: dm^3/m^3 .

Pépnek (cementpépnek) voltaképpen térkitöltő szerepe van, ugyanakkor az adalékanyag szemeket közvetlenül bevonó pépréteg (vékony pépfilm) kenőképeséggel rendelkezik, ezért az adalékanyag pépigényét a szemhalmoz fajlagos hézagtartalma és térfogati fajlagos felülete függvényének tekintjük (Ujhelyi, 1980).

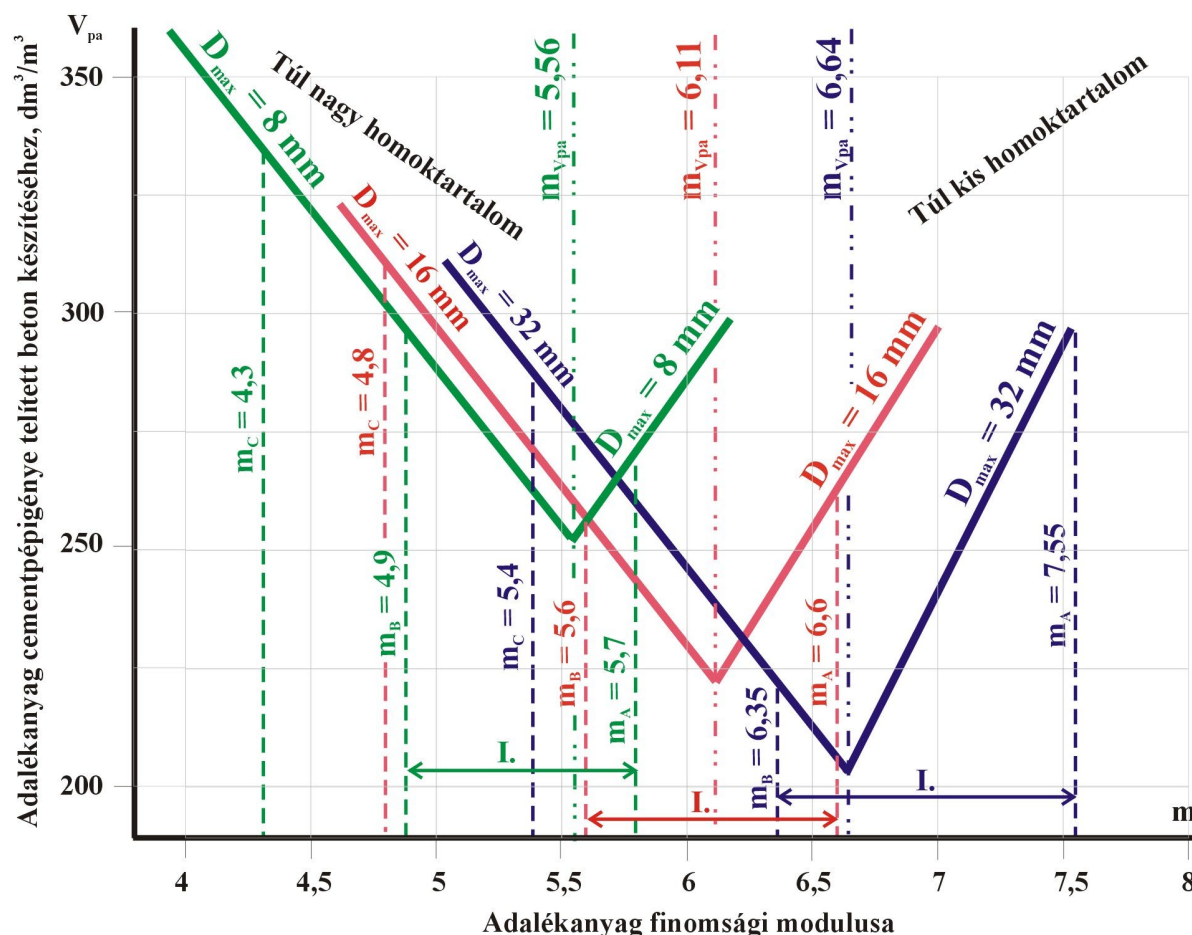
A kenőréteg (pépfilm) vastagsága a betonkonzisztencia lágyulásával, az adalékanyag fajlagos térfogati felületének és a felületi érdességének a növekedésével növekszik. *Springenschmidt* (2007) szerint a kenőréteg vastagsága 450-500 mm közötti területi mértékű – lényegében F4 konzisztenciaosztályú, illetve annál valamivel kevésbé folyós – friss betonban mintegy 0,020-0,035 mm.

A Magyar Államvasutak a vasúti beton és vasbetonhidak építésére 1985. január 1-jén az MSZ 4719:1982 szabvány előírásait és az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelv ajánlásait követő utasítást adott ki (MÁV H. 2. sz. 1984), amely nem csak előírásokat, hanem szükséges mértékben magyarázatokat is tartalmazott. A betonadalékanyag pépigényének e MÁV utasításban szereplő Ujhelyi-féle (1980) diagramját az 1.5.A26. ábrán mutatjuk be.

Minthogy az adalékanyag hézagtérfogatának és térfogati fajlagos felületének számítása körülményes, Ujhelyi János a homokos kavics adalékanyag pépigényét kísérletekkel határozta meg (1980), amelyek eredményeiből felírta a legkevesebb cementpépet igénylő adalékanyag szemmegoszlása finomsági modulusának összefüggését (1.5.A26. ábra):

$$m_{\text{Vpa}} = \frac{D_{\text{max}} + 100 \times \sqrt{D_{\text{max}}} + 476}{D_{\text{max}} + 130}$$

Ujhelyi (1980) megállapította, hogy a legkisebb cementpépigényű adalékanyag szemmegoszlása az *A* és *B* határgörbék közötti I. tartományban helyezkedik el. E szemmegoszlás görbéje a $D_{\text{max}} = 8$ mm legnagyobb szemnagyság esetén az *A* határgörbe közelében fut, majd növekvő legnagyobb szemnagyság mellett fokozatosan közelebb kerül a *B* határgörbéhez (1.5.A26. ábra).



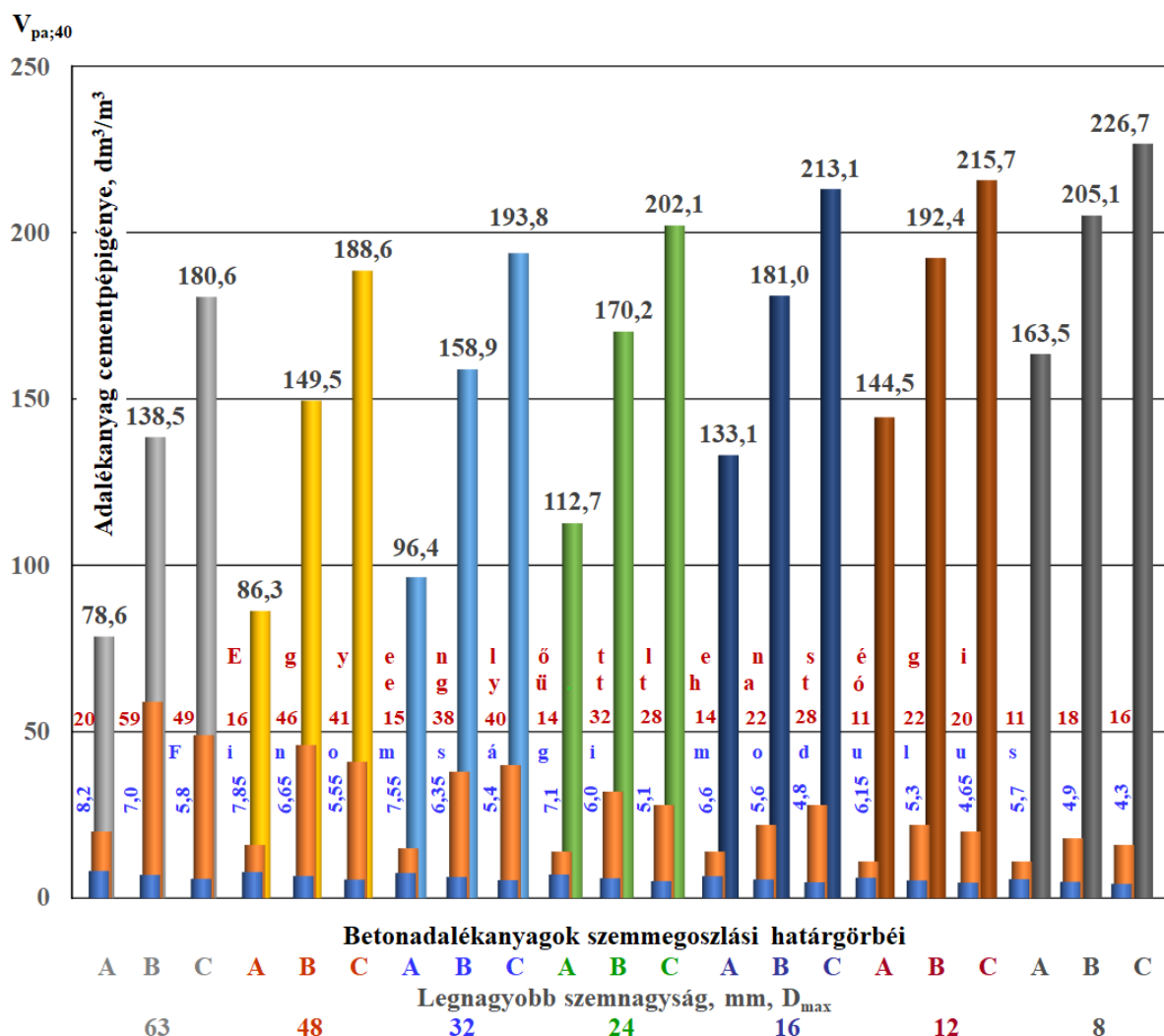
1.5.A26. ábra: A különböző legnagyobb szemmagyságú homokos kavics adalékanyag pépígenye (V_{pa}) Ujhelyi (1980) szerint (MÁV H. 2. sz. 1984). Az ábrán az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti finomsági modulusokat tüntettük fel. Megjegyzés: Az adalékanyag pépígenyének jele Ujhelyi akadémiai doktori értekezésében (1989) V_{po} , könyvében (2005): V_{p0} . Akadémiai doktori értekezésében (1989) és könyvében (2005) Ujhelyi az adalékanyagok pépígenyét (V_{pa}) nem csak a finomsági modulus, hanem a finomsági modulus és az $U_{70/10} = d_{70}/d_{10}$ egyenlőtlenségi együttható egyidejű figyelembevételével, az adalékanyag $k_v \geq 40 \times s$ víztartóképségének megfelelő vízadagolás mellett a következőképpen írta fel:

$$V_{pa;40} = \left(340 + 50 \times \lg \frac{m}{4} \right) - \left(38 \times e^{\frac{2}{U-0,5}} \right) \times \left(m - 1,54 \times e^{\frac{1}{U-0,5}} \right),$$

ahol d_{70} , illetve d_{10} a szemmegoszlási görbe 70%-os, illetve 10%-os ordináta-értékéhez tartozó szemmagyság.

E függvény tartalmát az 1.5.A27. ábrán szemléltetjük. Látható, hogy az adalékanyag cementpépígenye az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának (D_{max}) csökkenésével mérsékelten növekszik, a finomsági modulus csökkenésével, azaz a homoktartalom növekedésével jelentősen növekszik, és ez lényegében összhangban áll az 1.5.A26. ábra függvényeinek tendenciájával. Szemben az 1.5.A26. ábrával az 1.5.A27. ábrából nem derül fény arra, hogy a szemmegoszlás A és B határgörbék közötti I. tartományában van-e a cementpépígenynek alsó szélsőértéke (minimuma), és ha van, akkor az mekkora finomsági modulushoz (m) tartozik.

Biztosan állítható, hogy az adalékanyag térfogati fajlagos felületének növekedése a cementpépígeny növekedésével jár.



1.5.A27. ábra: Az MSZ 4798:2016 szabvány határgörbéi szerinti szemmegoszlású, $k_v \geq 40$ s víztartóképesű adalékanyagok cementpéigénye a finomsági modulus és az $U_{70/10}$ egyenlőtlenségi együttható függvényében (Ujhelyi, 1989 és 2005)

Mértékegysége: $\text{dm}^3/(\text{betömörített adalékanyag m}^3)$ vagy liter/(betömörített adalékanyag m^3)

Lásd még: Cementpép, Halmazporozítás, Hézagtérfogat, Térfogati fajlagos felület, Egyenlőtlenségi együttható, Vízigény, Víztartóképeség

Adalékanyag vízigénye

Az adalékanyag vízigénye a vizsgálati eljárás szerint nedvesített, adott szemmegoszlású (finomsági modulusú) adalékanyagban – adott idejű vibrálás után (lásd víztartóképeség) – megmaradt víz tömegének és az adalékanyag szemhalmaz tömegének hányadosa, amely az adalékanyag szemszerkezetétől (szemmegoszlás, szemalak és szemérdesség), agyag-izaptartalmától, valamint víztartóképeségétől függ. Tömegarányban vagy tömegszázalékban szokták kifejezni. Jele: v_a

Ujhelyi (1989 és 2005) kísérletekkel határozta meg a homokos kavics adalékanyag vízigényét (v_a) tömegarányban kifejező összefüggést az adalékanyag finomsági modulusa (m) és víztartóképesége (k_v) függvényében:

$$v_a = A \times e^{-B \times m}$$

ahol: $A = 0,3 \times e^{-0,22 \times (0,1 \times k_v)^{0,35}}$ és $B = 0,17 \times e^{0,13 \times (0,1 \times k_v)^{0,32}}$

Adalékanyag víztartóképesége

Az adalékanyag víztartóképesége az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása után a vizsgálati eljárás szerint nedvesített, adott finomsági modulusú adalékanyagban a vízigénynek nevezett vízmennyiség marad (Ujhelyi, 1989 és 2005).

A víztartóképeség jele: k_v , Mértékegysége: s

Adalékszer

Angolul: Admixture

Németül: Zusatzmittel

A friss vagy a megszilárdult beton tulajdonságainak módosítása céljából a betonkeverés alatt, vagy közvetlenül az átadás előtti átkeverés során a betonhoz adott, a cement tömegéhez képest kis mennyiségű, folyékony vagy por alakú, ritkán pépszerű vegyi anyag.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/113-adalekszer.pdf>

Adhéziós víz

Az adhéziós víz a cementkőben fizikailag kötött víz része. A vízmolekulák a molekulaközi kölcsönhatás folytán tapadnak a határfelületre.

Adszorpciós víz

Az adszorpciós vizet az elektrosztatikus vagy *van der Waals*²² erők kötik a határfelülethez. Minél nagyobb a távolság az adszorpciós réteg és a határfelület között, annál kisebb a kötési energia. A fizikailag kötött víz nagy részét az adszorpciós víz teszi ki.

Lásd még: Mellékvegyértékkötés

Aerob

Levegőt, oxigént igénylő, a szennyvízszint fölött élő szervezet, illetve levegő, oxigén jelenlétében végbemenő folyamat.

Agglomerát

Az „agglomerált” szó a latin „glomerare” igéből származik, amelynek jelentése „gömbbé formálni” vagy „összegyűjteni”.

„Az agglomerát olyan laza törmelék, amely a különféle nagyságú és alakú, többnyire vulkáni kőzet darabjaiból gyülemlett össze. Más törmelékes kőzetektől abban különbözik, hogy nincsen külön ragasztó anyaga.” (Tolnai Világlexikona. Első kötet. 1912)

Lásd még: Breccsa, Konglomerát

Agresszív szénsav, agresszív szén-dioxid

Agresszív szénsav (agresszív szén-dioxid) az oldatban lévő szabad szénsavnak (CO_2 vizes oldatának) a kalcium-hidrogén-karbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát

²² Johannes Diderik van der Waals (1837, Leiden – 1923, Amszterdam) holland fizikus, Nobel-díjas. 1873-ban doktorált, 1876-ban lett az Amszterdami Egyetem fizikaprofesszora, 1907-ben vonult nyugalomba. A Nobel-díjat a gázok és folyadékok állapotegyenletével kapcsolatos munkásságáért 1910-ben kapta. Doktori értekezésében írta fel a gázok ma *van der Waals*-egyenletnek nevezett állapotegyenletét, amelyben kimondta, hogy a valóságos gázok térfogata és nyomása nem tart zérushoz a hőmérséklettel, és a molekuláknak tetszőleges hőmérsékleten van saját térfogatuk. A *van der Waals* összetartó erők gyenge elektromos erők, amelyek a semleges molekulákat egymáshoz vonzzák a folyékony és megszilárdult gázokban, csaknem minden szerves folyadékban és szilárd anyagban. A *van der Waals* kötés lezárt elektronhéjú atomok vagy molekulák között létrejövő másodlagos kötés, amelynek energiája az elsődleges kötések (kovalens, ionos, fém) energiájának mintegy huszadrésze.

($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) oldatban tartásához szükséges egyensúlyi (tartalékos) szénsavon felüli része. Agresszív szénsav = összes szabad szénsav – egyensúlyi szénsav (Hunkár, 1940; Biczók²³, 1956 és 1960).

Lásd még: Egyensúlyi szénsav, Összes szénsav

Agyagkavics-beton

Angolul: Expanded clay concrete

Németül: Blähtonbeton

Lásd: Könnyűbetonok

Aktivitási index

Az aktivitási index az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a 85 tömeg% CEM I 42,5 N jelű portlandcement és 15 tömeg% metakaolin keverékével az MSZ EN 196-1:2016 szerint készített 40·40·160 mm méretű habarcs próbahasábokon és az ugyanilyen méretű, kizárólag CEM I 42,5 N jelű portlandcementtel ugyanígy készített etalon-habarcs próbahasábokon, 28 napos korban az MSZ EN 196-1:2016 szerint mért átlagos nyomószilárdságok hányadosa.

Alakváltozás

Alakváltozásnak azt a jelenséget nevezzük, amelynek esetén valamely hatásra (külső erő hatására vagy egyéb külső-belső hatásra) a szilárd test pontjai egymáshoz képest elmozdulnak és a test anyagi, geometriai alakzatai (anyagi vonalak hossza, anyagi vonalak által bezárt szög, testek térfogata stb.) megváltoznak. (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/170-hosszmeres.pdf>)

Az alakváltozást *spontán alakváltozásnak* nevezzük, ha nem külső erő vagy annak változása hatására, hanem valamely egyéb külső-belső hatásra (például hőmérsékletváltozás, beton esetén zsugorodás, kúszás) jön létre. „Spontán” latin eredetű szó, jelentése általában: kényszer nélküli, szabad, önkéntes, jelentése a tudományban: külső beavatkozástól függetlenül létrejövő. (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/170-hosszmeres.pdf>)

Az alakváltozás lehet rövid idejű vagy tartós. *Rövid idejű alakváltozás* során az idő befolyását nem vesszük figyelembe. A szilárd test a rövid idő alatt bekövetkező alakváltozás után általában nyugalomban marad. Ha az egyensúlyi terhelő erőket eltávolítjuk, a testet tehermentesítjük, akkor a test alakváltozásának egy része, esetleg az egész alakváltozás eltűnik, a test részben vagy egészben *rugalmasan* viselkedik. A *teljes fajlagos alakváltozás* ($\varepsilon_{\text{teljes}}$) két részből, a *rugalmas alakváltozásból* (ε_{rug}) és a *maradék alakváltozásból* (ε_{m}) tevődik össze: $\varepsilon_{\text{teljes}} = \varepsilon_{\text{rug}} +$

²³ Biczók Imre (1902, Temesszlatina – 1991, Budapest) okl. építőmérnök. A Bánátban, Lugoson töltött gyermekora után 1920-ban Magyarországra települt. Érettségi után a Királyi József Műegyetem Mérnök Karának lett a hallgatója, ahol 1931-ben kapott diplomát. A Fővárosi Útügyi és Anyagvizsgáló Intézetben helyezkedett el, ahol a Talajmechanikai osztály mérnöke volt. A II. világháború alatt a Honvédelmi Minisztériumban is dolgozott, mint tartalékos mérnökkari tiszt. A Fővárosi Útügyi és Anyagvizsgáló Intézetet a II. világháború után, 1949-ben az ÉTI Építéstudományi Intézethez csatolták. Innen került 1950-ben az FTI Földmérő és Talajvizsgáló Intézetbe (később FTV Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat), ahol igazgatói, illetve főmérnöki beosztásban dolgozott nyugdíjazásáig (1962). 1958-ban az ÉTE Építéstudományi Egyesülettől Alpár Ignác-díjat kapott. Egyetemi doktori címet a BME Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán 1968-ban, „Betonkorrózió, betonvédelem” című értekezésével szerzett. Több tudományos szervezet vezetőségi tagja volt (ÉTE, KTE, SZTE), a Magyar Tudományos Akadémia Építéstudományi Főbizottságának Talajmechanikai-Alapozási Szakbizottsága 1953-ban tagjai között tudta (Balázs 2005). Munkássága elsősorban a geotechnikával volt kapcsolatos. Előadott a Soproni Egyetemen, talajmechanikai könyvet írva. Foglalkozott geoelektromos talajvizsgálatokkal, talajfaggyal, elektroozmotikus falszáritással (szabadalom), majd 1956-ban „**Betonkorrózió, betonvédelem**” címmel írt könyvet, melynek bővített kiadását több nyelvre lefordították. Ezzel kapcsolatban többször járt az USA-ban, Japánban stb. (ifj. Biczók Imre okl. építőmérnök, a méltatott fiának közlése).

ε_m . (Palotás, 1979)

A meghatározott tartós (állandó) terhelő feszültség hatására időben növekvő alakváltozást *tartós alakváltozásnak* (kúszásnak), az állandó kényszerített alakváltozás mellett időben csökkenő feszültséget *tartós feszültségváltozásnak* (ernyedésnek) nevezzük. (Palotás, 1979)

A fémek *képlékeny alakíthatóságának* (maradó alakíthatóságának) alsó szilárdsági határértéke a folyáshatár. (Óvári szerk., 1985)

Lásd még: Acél alakíthatósága, Alakváltozási modulus, Alakváltozási tényező, Ernyedés, Hiszterézis hurok, Kúszás, Rugalmassági modulus

Alakváltozási modulus

Ha a $\sigma = E \times \varepsilon$ görbén (feszültség-alakváltozási diagram) az arányossági határon túl a feszültséghez nem a rugalmas fajlagos alakváltozást (ε_{rug}), hanem a teljes fajlagos alakváltozást ($\varepsilon_{\text{teljes}}$) rendeljük, akkor az alakváltozási modulus ($E_{\text{alakváltozási}} = \sigma / \varepsilon_{\text{teljes}}$) kapjuk. Az alakváltozási modulus húrmodulusnak (E_D) is nevezik. Az alakváltozási modulus a rugalmassági modulusok egyik fajtája. Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Alakváltozási tényező

Az alakváltozási tényező a beton kúszásával kapcsolatos E_i ideális (képzelt) rugalmassági modulushoz hasonló rugalmassági modulus az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Nem szabad összetéveszteni az alakváltozási modulusnak ($E_{\text{alakváltozási}}$) is nevezett húrmodulussal (E_D). Jele: $E_{c,\text{eff}}$, mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Alaphalmaz

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint az a termelési, szállítási (vasúti vagon-, tehergépkocsi- hajórakomány) vagy tárolt adalékanyag (kőanyaghalmoz) mennyiség, amelyet egyidőben, egységes körülmények között állítottak elő. Folyamatos gyártás esetén egy meghatározott időtartam alatt készített adalékanyag mennyisége.

Alapkövetelmények, alapvető követelmények

Az „alapvető” követelmények („alapkövetelmények”) az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról szóló rendeletében szereplő, az építményekre vonatkozó fogalom, amely a szabványosítási megbízások és a harmonizált műszaki előírások kidolgozásának képezi az alapját.

Az építményekre vonatkozó alapvető követelmények – amelyeknek az építmények mind egészükben, mind különálló részeikben meg kell feleljenek, kiemelten figyelembe véve az építmények teljes életciklusa során érintett személyek egészségét és biztonságát – a 305/2011/EU számú rendelet I melléklete szerint a következők:

1. Mechanikai szilárdság és állékonyság
2. Tűzbiztonság
3. Higiénia, egészség- és környezetvédelem
4. Biztonságos használat és akadálymentesség
5. Zajvédelem (zajcsökkentés)
6. Energiatakarékosság és hővédelem
7. Természeti erőforrások fenntartható használata

Az alapkövetelmények az alapvető jellemzők hozzárendelése által jelentenek kötelezettséget, például a mechanikai szilárdság és állékonyság követelménye az előírt nyomó- vagy/és húzószilárdság teljesítésén keresztül érvényesül. Az építményekre vonatkozó alapvető

követelmények képezik az alapját a szabványoknak és harmonizált műszaki specifikációknak, amelyek az építési termékek alapvető jellemzőinek értékelési módszereit és feltételeit tartalmazzák.

A 305/2011/EU számú rendeletet az építési termék építménybe történő betervezésének, beépítésének és teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló magyar 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet hivatkozza meg.

Az alapkövetelményeket 2013. július 1. előtt „lényeges” követelményeknek nevezték.

Alapkúszás

Alapkúszásnak a kúszás azon részét nevezik, amely a nedvességváltozástól teljes mértékben megvédett beton szerkezeti elemekben is fellép. Az alapkúszás a szerkezeti elem méretétől független. Az alapkúszás nagyobb, ha a cementtartalom nagyobb, ha a beton szilárdsága kisebb, ha az adalékanyag rugalmassági modulusa kisebb, ha a teher nagyobb, ha a szerkezeti elemet korábban terhelik meg, ha a hőmérséklet nagyobb. Jele: $\varepsilon_{\text{alap}}$

Alapvető jellemző

Az „alapvető jellemző” az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú építési termék rendeletében szereplő fogalom, amely szerint az „alapvető jellemzők”: az építési termék azon jellemzői, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függenek össze.

Alap víz-cement tényező

Nevezik redukált víz-cement tényezőnek is.

Az alap víz-cement tényező mai értelemben vett CEM 42,5 szilárdsági osztályú cementtel és 24 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített földnedves konzisztenciájú – a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti FN jelű – friss beton víz-cement tényezője. Tömegarány. Jele: x_0 .

Alfa-sugárzás

Az alfa-sugárzás ionizáló sugárzás, amely az atommagok radioaktív bomlásának egyik terméke. Az alfa-sugárzás részecskesugárzás, mert a bomló atommag hélium-4 izotópot bocsát ki, amely folyamatot alfa-sugárzásnak nevezünk. Az alfa-részecske a hélium leggyakoribb izotópjának, a hélium-4 izotópnak az atommagja, rendkívül stabil atommag. Mivel az alfa-részecske két protonból és két neutronból áll, az atommag tömegszáma 4-gyel, rendszáma 2-vel csökken alfa-bomlás során. Az alfa-részecskék kétszeresen ionizált ^4He atomok. A ^4He atommagja stabil, mivel benne a nukleonok lezárt héjakat alkotnak. A nukleon az atommagot alkotó részecskék: a neutron és a proton közös neve. (Meiswinkel et al., 2011), (Lohaus et al., 2011), (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-részecske>)

Az alfa-sugarak leárnýékolása általában mm nagyságrendű anyagvastagsággal megoldható. (Balázs, 2010)

Lásd még: Ionizáló sugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Sugárzás

Alit

Az alit a portlandcementklinker ásványok egyikének neve, trikálcium-szilikát ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, röviden: C_3S). A cement 37-60 tömeg%-át teszi ki. A cement nagy kezdőszilárdságát adja.

Alká lifémek

Az 1. vegyértékelektronnal rendelkező alkálifémek a periódusos rendszer 1. csoportjában (oszlopában, a régi jelölés szerinti I. főcsoportjájában) helyezkednek el. Az alkálifémek

csoportjába tartozik a lítium (Li), nátrium (Na), kálium (K), rubídium (Rb), cézium (Cs) és francium (Fr), amelyek könnyű, puha, alacsony olvadáspontú, nagyon reakcióképes, vízzel erős bázissá alakuló elemek.

Az alkálifém tartalmat sokszor röviden alkálitartalomnak nevezik.

Alkáliföldfémek

Az alkáliföldfémek a periódusos rendszer 2. oszlopát (régi elnevezése II. főcsoport) alkotják. Vegyértékük 2. Az alkáliföldfémek csoportjába a következő elemek tartoznak: berillium (Be), magnézium (Mg), kalcium (Ca), stroncium (Sr), bárium (Ba), és rádium (Ra). Ezek az elemek az alkálifémeknél keményebbek és nehezebbek, vízzel az alkálifémeknél kevésbé erős bázissá alakulnak.

Alkáli reakció, alkálifém-oxid reakció

Az alkálifém-oxid reakció egyes beton-adalékanyagok és az alkálifém-oxid dús cementek hidratációs termékében levő alkálifém-hidroxidok beépülési, vagy csere-bomlásának szabatos megnevezése. A jelenséget a köznap műszaki életben általában alkáli reakciónak nevezik.

Az alkáli reakció kedvezőtlen körülmények hatására lép fel, térfogat-növekedéssel jár, a reakció jellegétől függően a beton felületén reakció-termékek jelenhetnek meg. Az alkáli reakció a beton összeropadásához, szilárdság-csökkenéséhez vezet. Kialakulásához hosszú évek kellenek. Az ilyen betont javítani nem lehet.

Az alkálifém-oxid reakciónak két alapvetően különböző változata van, úgymint az alkálifém-oxid – szilikát reakció és az alkálifém-oxid – karbonát (alkálifém-oxid – dolomit) reakció.

A betonadalékanyagok alkáli – szilikát reakcióját, illetve alkálifém-oxid – szilikát reakcióját az MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006 szabványban – az angol alkali-silica aggregate reaction, a német Alkali-Kieselsäure-Reaktion, a francia réaction alcali-silice kifejezések alapján – alkáli-kovasav reakciónak nevezik.

Forrás: <https://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf>

Alkálitartalom

Az alkálitartalom alatt alkálifém tartalom értendő.

Lásd: Alkálifémek)

Alternatív kötőanyagok

Az alternatív kötőanyagok a hagyományos klinker alapú cementek alternatívájának tekinthetők. E csoportba sorolhatók az alkáli-aktivált kötőanyagok (ASCEM-cement®, geopolimer), a celitcementek, a kalcium-szulfo-aluminátcementek, a belít-cementek, a nagy szulfáttartalmú kohósalakcementek (MSZ EN 15743:2010+A1:2015, mint például az egykor gyártott osztrák Novák-féle (2009) „Slagstar” nevű kötőanyag, az alinit-cementek, a magnézium-alapú cementek (Dehn et al., 2017).

Lásd még: ASCEM-kötőanyag, geopolimer

Alulmaradási hányad

A valószínűségi sűrűségfüggvénynek az x valószínűségi változó jellemző értékétől balra lévő, görbe-alatti területe.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016 szabvány szerint beton esetén a teljes anyagtérfogatban (tételben) a szilárdság megfelelőségi feltételét ki nem elégítő anyag részarányát kifejező alulmaradási hányad értéke 0,05 (5%).

Jele: p .

Alulmaradási tágasság

Az alulmaradási tágasság az alulmaradási tényező és a szórás szorzata (például, $u \times \sigma$, $t_n \times s_n$, $\lambda_n \times s_n$, $k \times s$), amelyet például a nyomószilárdság f_{cm} átlagértékéből kivonva a nyomószilárdság jellemző értékét (karakterisztikus értékét) kapjuk, más szóval a nyomószilárdság átlagértékének és jellemző értékének különbsége.

Lásd még: Jellemző érték

Alulmaradási tényező

Az alulmaradási tényező adott értékű szorzó, amellyel például a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórását megszorozva, és a szorzatot a nyomószilárdság átlagértékéből kivonva a nyomószilárdság jellemző értékére jutunk. Jele általában: k vagy η , a normális-eloszlás (Gauss-féle eloszlás) esetén: u_n , a t -eloszlás esetén: t_n (Student-tényező), a Taerwe-féle tényező esetén: λ_n , ahol n a mintaszámra utal.

Lásd még: Jellemző érték

Aluminátcement

Angolul: aluminate cement

Németül: Tonerdezement

Az aluminátcementet timföldcementnek is nevezik.

Az aluminátcementek nyersanyaga nagy Al_2O_3 -tartalmánál fogva általában bauxit vagy timföld, amelyet mészkővel vagy mésszel keverve égetnek ki. Az aluminátcementek tulajdonságait a nyersanyagok minőségén kívül a CaO/Al_2O_3 arány határozza meg.

A visszavont MSZ 4702-9:1990 szabvány szerint az aluminátcement Al_2O_3 -tartalma (35-60) tömeg%, a nagy timföldtartalmú aluminátcement Al_2O_3 -tartalma legalább 60 tömeg%. Ha az aluminátcement Al_2O_3 -tartalma legalább 35, 45, 60, 70, 80 tömeg%, akkor a CaO tartalma rendre legfeljebb 45, 40, 32, 28, 18 tömeg%. A mésztartalom növelése általában növeli a cement kezdeti szilárdságát és csökkenti a tűzállóságát, és fordítva, az Al_2O_3 -tartalom növelése a tűzállóság növekedésével jár. A nagy timföldtartalmú aluminátcementek SiO_2 -tartalma általában legfeljebb 3 tömeg%, a tűzállóságot rontó Fe_2O_3 -tartalma pedig még ennyi sincs. A ma már nem gyártott bauxitcement Al_2O_3 -tartalma (35-60) tömeg% volt, a tűzálló betonok készítésére ma is használt nagy timföldtartalmú aluminátcementek Al_2O_3 -tartalma pedig legalább 60 tömeg%.

Az MSZ EN 14647:2007 szabvány szerinti kalcium-aluminát cementnek az alumínium-oxid--tartalma $35\% \leq Al_2O_3 \leq 58\%$.

A mai aluminátcementeket (például: MSZ EN 14647:2007) szokványos építési célra nem szabad használni, alkalmazási területük a tűzállóhabarcs-, tűzállóbeton-készítés.

Lásd még: Kalcium-aluminát cement, Bauxitbeton

Aluminát-modulus

A Kühn²⁴ (1913) bevezette AM aluminát-modulus a cementklinker alumínium-oxid és vas-oxid összetevői atomtömegének hányadosa, tömegarány (Forsén, 1935), (Keil, 1971):

²⁴ Hans Kühn (1879, Karlsburg – 1969, Berlin) egyetemi tanár, cementkémikus. 1898-1903 között a Freiburgi, Kieli és Lipcsei Egyetemen folytatott természettudományi, matematikai és kémiai tanulmányokat. Wilhelm Michaelis-től 1907-ben vette át a berlin-lichterfeldi Cement- és Habarcs technológiai Intézet (Zement- und Mörteltechnische Institut) vezetését. A Berlini Műszaki Egyetemen 1922-1925 között docensként, a cementkémia,

$$AM = \frac{c(\text{Al}_2\text{O}_3)}{c(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

A portlandcementek aluminát-modulusa: $0,5 < AM < 2,5$

Megjegyzés: *Czakó Miklós*²⁵ (1933) tanulmányából tudjuk, hogy az aluminát-modulust annak idején vasmodulusnak, majd később a „rend kedvéért” – ahogy *Czakó Miklós* írta – a számláló után timföld-modulusnak nevezték.

Az AM aluminát-modulus csökkenésével a cement szulfátállósága nő, másodlagos ettringit képződési hajlama és szulfátduzzadás okozta hosszváltozása csökken.

A szulfátálló cementek²⁶ aluminát-modulusa az MSZ 4702:1956, MSZ 4702-4:1982 és MSZ 4737-1:2002 visszavont szabványok szerint legfeljebb $AM = 0,7$, a mérsékelt szulfátálló cementeké az MSZ 4702-4:1982, MSZ 4737-1:2002 és MSZ 4737-1:2013 visszavont szabványok szerint legfeljebb $AM = 1,0$. Az MSZ EN 197-1:2011 szabványban a szulfátállóságnak nem a megengedett aluminát-modulus érték, hanem a megengedett trikálcium-aluminát tartalom (C_3A -tartalom) a feltétele.

A visszavont MSZ 4737-1:2002 szabvány szerint a szulfátálló cementek szulfátduzzadás okozta 28 napos hosszváltozása legfeljebb 0,4 mm/m, a mérsékelt szulfátálló cementeké legfeljebb 1,0 mm/m.

A Magyarországon 1937 és 1997 között (a szulfátálló portlandcement MSZ 4702-4:1982 szabványát felváltó MSZ 4702-2:1997 cementszabvány bevezetéséig) az egykori lábatlani, selypi, bélapátfalvi, hejőcsabai cementgyárban gyártott S-54 350 pc. jelű szulfátálló portlandcement előírt aluminát-modulusa $AM \leq 0,7$ volt. Az egykori magyar cement onnan kapta az „S 54” jelet (S = speciál), hogy annak idején, a gyártás kísérletezésekor az aluminát-modulusa $AM = 0,54$ volt (*Biczók*, 1956).

Lásd még: Ferrocement, Mész-standard, Mésztelítési tényező, *Michaelis*-féle hidraulikus modulus, Szilikát-modulus, S-54 szulfátálló portlandcement, Szulfátálló cement

Aluminátok

illetve az építőanyagok kémiai technológiája tiszteletbeli professzoraként pedig 1925-1945, majd 1953-1955 között dolgozott.

²⁵ *Czakó Miklós* (1888, Budapest – 1941, Budapest) vegyészmérnök, a budapesti királyi József Műegyetemen 1911-ben oklevelet, 1913-ban műszaki doktori oklevelet szerzett. Az I. világháború alatt és az azt követő évtizedben Németországban dolgozott. 1926 után munkahelye volt a Magyar Kir. Állami Gépgyár, a Friedrich Siemens Vasöntőde Rt., a Magyar Kerámiai Gyar Rt., a Magyar Kir. Iparügyi Minisztérium. 1940-ben a Magyar Fedélmezgyárak Szövetkezetének lett az ügyvezető igazgatója. Érdemeinek elismerésül a francia kormány a „Mérite agricole”-rend tiszti keresztjével tüntette ki. Az Anyagvizsgálók Közlönyének 1933-1939 között a szerkesztője és titkára volt. (Anyagvizsgálók Közlönye. XIX. évf. 1941. 4-5. szám. pp. 173-174.)

Megjegyzendő, hogy a budapesti József Polytechnikum 1871-ben vette fel a Királyi József Műegyetem nevet, és ezzel a világon az első műszaki felsőoktatási intézménnyé vált, amely nevében az egyetem szót viselte (Millenniumi Évkönyv 2000. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Budapest, 2000).

²⁶ A szulfátálló cementek első kutatói között tartjuk számon *Henry Le Chatelier* (1850, Párizs – 1936, Miribel-les-Échelles, Isère) francia kémikust. Atyja bányamérnök volt, így érdeklődése a kémia és matematika felé irányult. Felsőfokú tanulmányait 1869-ben a párizsi École Polytechnique műszaki főiskolán kezdte, majd az École Nationale Supérieure des Mines de Paris bányamérnöki főiskolán folytatta és közben kémia előadásokat is hallgatott. 1878-1925 között egymást követően az École des Mines főiskolán, a párizsi Collège de France kutató oktatási intézményben és a párizsi Sorbonne egyetemen tanított kémiát. 1884-1888 között *Ferdinand Braun*-nal együtt fogalmazta meg a kémiai egyensúly törvényét (Loi de stabilité de l'équilibre chimique). A *Le Chatelier*-elv kimondja: ha valamely anyagot vagy anyagok halmazát egyensúlyi állapotában megzavarunk, a rendszer úgy állítja helyre az egyensúlyát, hogy a zavaró hatást semlegesíti. A *Le Chatelier*-elv nemcsak a megfordítható kémiai reakciókra érvényes, hanem a megfordítható fizikai folyamatokra, például a párolgásra és a kristályosodásra is.

Az aluminátok az alumínium-hidroxid és valamely erős bázis vizes oldatában keletkező sók elnevezése. Például: trikálcium-aluminát ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.)

Amfolitok

Az amfolitok olyan vegyületek, amelyeknek töltéses vagy töltés nélküli részecskéi egymás között protont cserélhetnek. Például a víz esetében: $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

Lásd még: Amfoterek

Amfoterek

Az amfoterek olyan vegyületek, amelyek elektrolitként, ionos állapotban a kísérleti körülményektől függően savként vagy bázisként viselkednek. Az amfoter vegyületek egyaránt képesek protonokat leadni és felvenni. Ilyen például az alumínium-hidroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$), amely a $\text{pH} < 10$ jellegű oldatokban főként Al^{3+} kationokat, ezzel szemben a $\text{pH} > 13$ jellegű oldatokban aluminátokat képez (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

Lásd még: Amfolitok

Aminosavak

Az aminosavak (más néven amino-karbonsavak) olyan szerves vegyületek, amelyek molekulájában aminocsoport ($-\text{NH}_2$) és karboxilcsoport ($-\text{COOH}$) egyaránt előfordul. Az aminosavak a fehérjék alapvető építőkövei.

Ammónium-nitrogén

A fogalom és a jelölése ($\text{NH}_4\text{-N}$) nem vegyületet takar, hanem az ammóniumion (NH_4^+)-tartalomtól meghatározott nitrogén (N)-tartalmat fejezi ki. Például 10 mg/liter $\text{NH}_4\text{-N}$ azt jelenti, hogy az ammóniumionokat (NH_4^+) tartalmazó oldatban 10 mg/liter nitrogén (N) található, más szóval az ammóniumionból származó nitrogén mennyisége 10 mg/liter.

Az ammónium-nitrogén fogalmához hasonló a nitrit-nitrogén ($\text{NO}_2\text{-N}$) és a nitrát-nitrogén ($\text{NO}_3\text{-N}$) fogalma, amelyeknek a szennyvíz okozta betonkorrozó szempontjából van jelentősége. Az ammónium-nitrogén ($\text{NH}_4\text{-N}$), a nitrit-nitrogén ($\text{NO}_2\text{-N}$) és a nitrát-nitrogén ($\text{NO}_3\text{-N}$) összege az összes szerves nitrogéntartalmat adja, amelyhez a szerves anyag eredetű nitrogén mennyiségét hozzáadva kapjuk meg a szennyvíz összes nitrogéntartalmát.

E fogalmakat a nitrogéntartalom kifejezésének és számításának egyszerűsítése érdekében vezették be, miáltal valamely összetevőből eredő nitrogéntartalmat könnyű a más összetevőkből származó nitrogéntartalommal összegezni. Például 50 mg nitrátion (NO_3^-)-tartalom helyett elegendő 11,3 g nitrát-nitrogén ($\text{NO}_3\text{-N}$)-tartalmat megadni. Ugyanis a nitrogén (N) relatív molekulatömege 14,01/mol, az oxigéné (O) 16,00/mol és a nitrátioné (NO_3^-) $14,01 + 3 \times 16,00 = 62,01/\text{mol}$. A nitrogén és a nitrátion relatív molekulatömegének hányadosa $14,01/62,01 = 0,226$, amelyből számítva az 50 mg nitrátiontartalom $0,226 \times 50 = 11,3$ g nitrogéntartalmat hordoz magában.

A salétromsav (HNO_3) sóinak ionizált állapotában létrejövő ammóniumionok (NH_4^+) a cementkő szabad kalcium-hidroxidjával (portlandit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) a betont korrodáló könnyen oldódó kalcium-vegyületeket és ammóniát (NH_3) képeznek, ez utóbbi szúrós szagú, mérgező gáz.

A salétromsav ammónium-sói vizes oldatainak egyike az ammóniumnitrát-oldat ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$), amelynek hatása a betonra az egyik legkedvezőtlenebb.

A salétromsav-, illetve nitrát-tartalmú vizek a téгла-, habarcs- és betonfelületeken salétromos, például kálium-nitrát (KNO_3), nátrium-nitrát (NaNO_3) vagy kalcium-nitrát ($\text{Ca(NO}_3)_2$) kivirágzást okoznak.

A korrozív hatású nitrátok hordozói a talajvizek és a felszíni vizek, forrásai többnyire salétrom bányák és tárolók, műtrágya üzemek, trágyalétárolók, szennyvizek stb. (*Biczók* 1956, 1960; *Benedix*, 2008).

Úgy tartják, hogy a kommunális szennyvízben az összes nitrogéntartalom 10 mg/l felett van, ezen belül a szerves anyagból származó nitrogén mennyisége 50% vagy több. *Benedix* (2008) szerint a szennyvizek nitrát-tartalmának csak mintegy egyharmada ered a háztartásokból, a nagyobb rész forrása a mezőgazdaság (állattartás, ásványi trágya, szerves trágya).

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány szerint, ha a beton- vagy vasbetonszerkezet olyan oldódásos betonkorroziót okozó vizekkel, folyadékokkal vagy szennyvizekkel érintkezik, amelyek ammóniumion (NH_4^+) tartalma ≥ 15 és ≤ 30 mg/liter közé esik, akkor a betont az XA4(H) környezeti osztályba; ha a vizek, folyadékok ammóniumion-tartalma > 30 és ≤ 60 mg/liter közé, vagy szennyvizek esetén > 30 és ≤ 100 mg/liter közé esik, akkor az XA5(H) környezeti osztályba; ha pedig 60 mg/liternél több, vagy szennyvizek esetén 100 mg/liternél több, akkor az XA6(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Lásd még: Denitrifikáció, Nitrát-nitrogén, Nitrit-nitrogén, Nitrifikáció

Anaerob

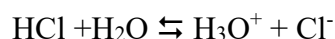
Levegőtől elzárva, oxigén nélkül végbemenő életműködés, illetve így megélő szervezet.

Anhidrid

Lásd: Bázisanhidrid, Savanhidrid

Anion

Anionoknak a vizes oldatban lévő negatív töltésű ionokat nevezzük. Az anionok elektromos áram hatására az anódhoz vándorolnak (*Neumüller* szerk., 1. kötet, 1981). Például a sósav (HCl) hidroxóniumionok (H_3O^+) és klordionok (Cl^-) alkotta vizes oldatában a Cl^- klordion az anion:



A savak anionja voltaképpen a savmaradék.

Lásd még: Anód, Elektrolitos disszociáció, Kation, Savak, Savmaradék

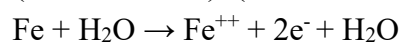
Anód

Az anód pozitív töltésű elektród (pozitív pólus), amelyen keresztül az áram belép az elektrolitba. Az áram áthaladásakor az anionok az anódhoz vándorolnak, ott elvesztik töltésüket, miközben egyes esetekben anódos oxidáció is végbemegy (*Neumüller* szerk., 1. kötet, 1981).

Lásd még: Anion, Elektrolitos disszociáció, Katód

Anódos korrózió

Az anódos korrózió olyan elektrokémiai korróziós folyamat, amelynek során az anódon a fémionok elektronjaikat vesztik (*Benedix*, 2008), (*Ch. Fischer*, 2012):



Lásd még: Acélbetét korróziója, Hidrogénes korrózió

Anódos oxidáció, anódos folyamat

Anódos oxidáció általában elektrolíziskor az anódon lejátszódó folyamat, amelyben az ionoktól vagy atomoktól elektronokat vonunk el, és ezáltal az ionok vagy atomok oxidálódnak.

Sav- vagy sóoldatok elektrolízise során, ha bizonyos körülmények között vízbontás megy végbe, akkor az így, az anódon keletkező oxigén egyes, különösen reakcióképes, anódként alkalmazott fémeket oxidál, azaz egy vékony oxidréteget hoz létre a megtámadható fém felületén. Az anódos oxidáció ipari alkalmazása például az alumínium elektrolitikus oxidálása, az úgy nevezett eloxálás.

Az anódos oxidáció ellentéte a katódos redukció (*Neumüller* szerk., 1. kötet, 1981).

Lásd még: Anód, Elektrolízis, Katódos redukció

Anyagmennyiség

Az *anyagmennyiség alapegysége* 1 mol. A hagyományos SI-mértérendszer szerint a mol az atomok, atomcsoportok és ionok azon mennyiségét jelöli, amelyek ugyanannyi részecskét tartalmaznak, mint 12 g ^{12}C -szénizotóp. A 2019. május 20-án érvénybe lépett módosított SI-mértérendszer szerint egy mol pontosan $6,02214076 \times 10^{23}$ elemi egységet, azaz atomot, atomcsoportot, iont tartalmaz. Ez a szám az N_A *Avogadro*-állandó mol-ban kifejezett numerikus értéke, amelyet *Avogadro*-számnak neveznek (BIPM/2019):

$$1 \text{ mol} = \left(\frac{6,02214076 \times 10^{23}}{N_A} \right)$$

Lásd még: Atomtömeg, Anyagmennyiség koncentráció, *Avogadro*-törvény

Anyagmennyiség-koncentráció

Egy térfogat-egységnyi (dm^3) oldatban lévő, moláris tömegű oldott anyag mólokban kifejezett kémiai anyagmennyisége. Mértékegysége: mol/dm^3 . Ha az $1,0 \text{ dm}^3$ (1,0 liter) oldatban lévő oldott anyag anyagmennyisége például 0,002 mol, akkor az anyagmennyiség-koncentráció $c = 0,002 \text{ mol}/\text{dm}^3$ (mol/liter).

Jele: $c(\text{X})$, (= concentration, latinul)

Lásd még: Anyagmennyiség, Koncentráció

Anyagmodell

Lásd: Mechanikai anyagmodell

Anyagsűrűség

Az anyagsűrűség az anyag tömegének és tömör (pórus- légbuborék- hézag- stb. mentes) térfogatának hányadosa.

Az anyagsűrűség meghatározásához a porszerű anyagok vagy porított minták térfogatát például a visszavont MSZ ISO 3507:1995 szabvány szerinti, úgy nevezett *Reischauer*-típusú vagy hasonló „palackpiknométerben” célszerű megmérni.

A cementminta térfogatának piknométeres meghatározásához a cement tulajdonságait (legfőképp a kötését) nem befolyásoló és nem mérgező hatású mérőfolyadékot kell használni, mint például a triklór-etilén (C_2HCl_3) vagy az *Iken* és szerzőtársai (2012) ajánlotta n-heptán (C_7H_{16}). A cementek anyagsűrűségét cementvizsgálati szabvány hiányában az irodalom – például: <http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/suruseg-meres.pdf>; *Iken* et al., (2012) – alapján lehet megmérni.

A kőlisztek és a pigmentek anyagsűrűségmérését a visszavont MSZ 18284-2:1979 szabvány helyére lépett MSZ EN 1097-7:2008 szabvány szerint végezhetjük piknométerben, mindig 0,2 mm-nél finomabb, illetve teljes egészében 0,2 mm alá aprított mintán.

Az anyagsűrűség mértékegysége: kg/m^3 , g/cm^3 .

A +4 °C hőmérsékletű víz sűrűsége 1,0 g/cm³, a +20, +21, +22, +23, +24 és +25 °C hőmérsékletű vizé 0,998230; 0,998019; 0,997797; 0,997565; 0,997323 és 0,997071 g/cm³ (lásd például: MSZ EN 1097-6:2013).

A cementek hozzávetőleges anyagsűrűsége a következő: portlandcement 3,10 g/cm³; kohósalak-portlandcement 3,05 g/cm³; kohósalakcement 3,0 g/cm³; puccolán-portlandcement 2,9 g/cm³ (Jankó, 2007; Révay, 2008). Pontosabb adat a gyártóktól kérhető.

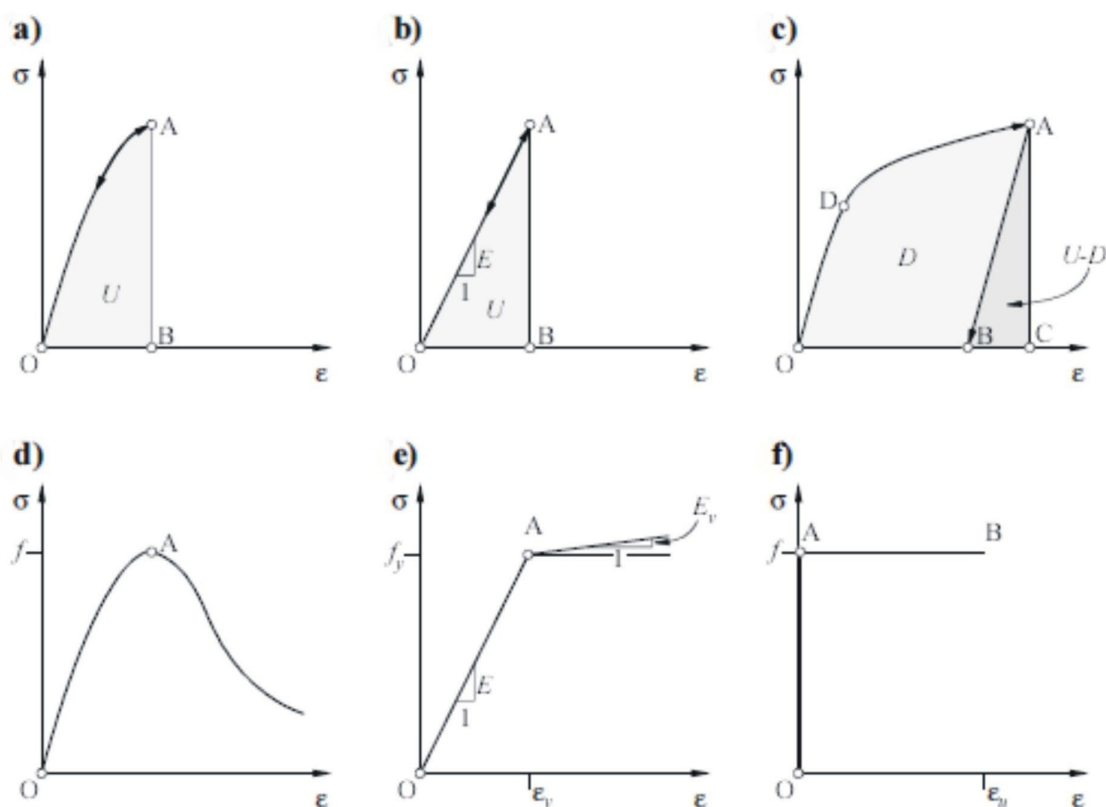
Anyagszilárdsági alapok teherbírás-biztonsági méretezéshez

Teherbírás-biztonság angolul: Load-bearing safety

Teherbírás-biztonság németül: Tragsicherheit

A vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek teherbírási biztonságával az utóbbi 150 év méretezési változásait figyelembevéve részletesen a svájci SIA 162:1993 szabvány foglalkozik. A meglévő vasbetonépítmények teherbírás-biztonsági méretezését a SIA 162:1993 szabvány alapján például *Stoffel* (2000), az előregyártott feszített vasbeton közúti hidak teherbírás-biztonsági méretezését a SIA 162:1993 szabvány alapján például *Zwicky et al.* (2003) tárgyalja. *Stoffel* és *Zwicky* tanulmánya alapvetően statikai méretezési elemzés, amely az acél és a beton szilárdságtani tulajdonságain alapul, így tanulmányukban az acél és a beton terhelés-alakváltozási tulajdonságait is elemzik, mind egytengelyű húzó- és nyomófeszültség, mind két- és háromtengelyű igénybevétel esetére.

A nyomásra igénybe vett beton σ - ϵ feszültség-alakváltozási modellje az 1.5.A28. ábrán, a húzásra igénybe vett acél σ - ϵ feszültség-alakváltozási modellje az 1.5.A29. ábrán látható.



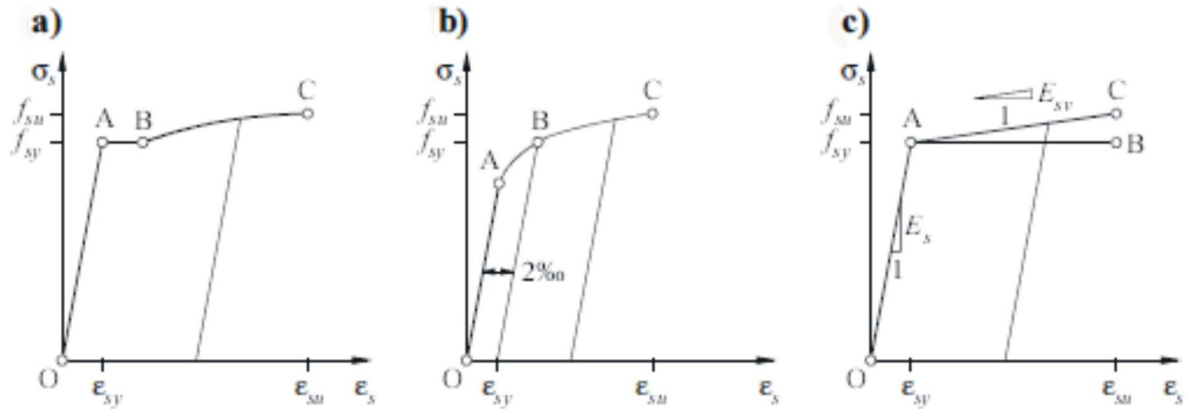
Forrás: Stoffel, Ph.: Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Stahlbetonbauten. ETH . Zürich, 2000.

1.5.A28. ábra: A nyomásra igénybe vett beton a) rugalmas; b) lineáris; c) rugalmas-képlékeny; d) lágyuló; e) bilineáris, felkeményedéssel és anélkül; f) merev-képlékeny feszültség (σ) – alakváltozási (ϵ) modellje (*Stoffel*, 2000)

Az 1.5.A28./a és az 1.5.a28./b ábrán a görbe alatti OAB terület, illetve az 1.5.A28./c ábrán a görbe alatti ABC terület az U tárolt, tehermentesítéssel visszanyerhető alakváltozási energiát jelöli, amely az E kezdeti rugalmassági modulussal arányos, az 1.5.A28/b. ábra esetén:

$$U = \frac{\sigma \times \varepsilon}{2} = \frac{\sigma^2}{2 \times E}$$

Az 1.5.A28./c. ábrán a görbe alatti ODAB terület a vissza nem nyerhető, hővé alakult, maradó alakváltozási energia kifejezője. (Stoffel, 2000)



Forrás: Stoffel, Ph.: Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Stahlbetonbauten. ETH . Zürich, 2000.

1.5.A29. ábra: A húzásra igénybe vett a) természetes keménységű vagy nemesített acél; b) hidegen alakított és gyűrűs acél; c) felkeményendő és fel nem keményendő, ideálisan bilineáris állapotú betonacél feszültség (σ) – alakváltozási (ε) modellje (Stoffel, 2000)

Az OA szakaszon lineárisan rugalmas természetes keménységű acélnak és nemesített acélnak az 1.5.A29./a ábra szerint a szinte ideálisan képlékeny AB szakaszon határozott folyáshatára van (f_{sy}). Az ilyen acél nem egyidejűleg teljes hosszában, hanem helyileg, az úgy nevezett *Lüders*-sávokban folyik meg. A hidegen alakított és a gyűrűs acél az 1.5.A29./b ábra szerint határozott folyáshatárral nem rendelkezik, ezért ez utóbbiak esetén az $\varepsilon_{sy} = 2\text{‰}$ értékű fajlagos megnyúláshoz tartozó feszültséget (B pont) tekintik f_{sy} folyáshatárnak. Az ideálisan bilineáris betonacél E_{sv} képlékeny alakváltozási modulusa az 1.5.A29./c ábra szerint (Stoffel, 2000):

$$E_{sv} = \frac{f_{su} - f_{sy}}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sy}}$$

Stoffel és Zwickly az acél és a beton szilárdságtani tulajdonságait sorra véve egyebek mellett bemutatják a szerkezeti acélok és betonacélok svájci osztályozását (1.5.A3. táblázat),

1.5.A3. táblázat: Az acélok osztályozása a svájci SIA 162:1956, SIA 162:1968 és SIA 162:1993 szabvány szerint (*Stoffel*, 2000), (*Zwicky* et al., 2003)

SIA 162 szabvány évszáma	Acélfajták	Acélfajták jellege		f_{syk} Folyáshatár N/mm ²	$f_{sy,min}$ Folyáshatár legalább N/mm ²	f_{su} Húzószilárdság N/mm ²
1956	I	Szerk.	Normál	–	240	360
	IIa		Hidegen húzott	–	350	420
	IIb		Nagyszilárdságú	–	350	520
1968	I	Betonacél	Közönséges	–	240	370
	IIIa		Természetes keménységű	460	430	560
	IIIb		Hidegen alakított	460	430	480
	IV		Acélháló	540	500	570
1993	S 235	Betonacél	–	–	235	360
	S 500a		Természetes keménységű, ill. mikroötvözött	500	460	600
	S 500b		Hidegen alakított	500	460	550
	S 500c		Nemesített	500	460	580
	S 500d		Acélgyűrű	500	460	550

A feszítőacélok szabványos svájci osztályozását az 1.5.A4. táblázatban tüntettük fel (*Stoffel*, 2000).

1.5.A4. táblázat: A feszítőacélok osztályozása a svájci SIA 162:1968 és SIA 162:1993 szabvány szerint (*Stoffel*, 2000), (*Zwicky et al.*, 2003)

SIA 162 szabvány évszáma	Átmérő Ø mm	Kereszt-metszet, A_p mm ²	Feszítőacél jellege	Folyáshatár f_{py} N/mm ²	Jellemző érték, f_{tk} N/mm ²
1968	≤ 8	–	Huzal, Pászma	1190-1330	1400
	8 < Ø < 15	–	Huzal, Rúd	1105-1170	1500
	≥ 15	–	Rúd	750-850	1000
1993	3	–	Huzal	1670	1860
	4			1640	1820
	5-6			1590	1770
	7-8			1590	1670
	9-12			1410	1570
	–	≤ 60	Héteres pászma	1670	1860
		60-100		1640	1820
		> 100		1590	1770
	20	–	Rúd	1000	1230
	26			1000	1230
	26			830	1030
	32			1000	1230
	32			830	1030
	36			830	1030

Stoffel (2000) és *Zwicky et al.*, (2003) a betonra vonatkozólag írta, hogy

- a beton egytengelyű húzószilárdsága (f_{ct}) általában kifejezhető a beton próbahenger nyomószilárdságának (f_{cc}) függvényében:

$$f_{ct} = 0,3 \times f_{cc}^{2/3} \quad \text{N/mm}^2 \quad ,$$

Ezzel kapcsolatban *Zwicky et al.* (2003) úgy véli, hogy a teherbírasi ellenállások meghatározásakor a beton húzószilárdságát csak kivételes esetekben és óvatosságból az

$$f_{ct} = 0,15 \times f_{cc}^{2/3} \quad \text{N/mm}^2$$

összefüggéssel számítható értékekkel kell figyelembe venni.

- A próbahengerek és próbakockák nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelésekor észrevehető, hogy a próbakockák nyomószilárdsága nagyobb, mint a próbahengerek nyomószilárdsága. Ennek az az oka, hogy a vizsgálókészülék merev terhelésbevezető lemezei a próbakockák keresztirányú nyúlását a próbahengerek keresztirányú nyúlásánál jobban akadályozzák. A próbahengerek nyomószilárdsága (f_{cc}) és a próbakockák nyomószilárdsága (f_{cw}) közötti összefüggés hozzávetőlegesen a következő (*Stoffel*, 2000), (*Zwicky et al.*, 2003):

$$f_{cc} = 0,8 \times f_{cw}$$

- *Hillerborg* (1983) repedésképződési modellje szerint a törési folyamat a betonban nem egyetlen keresztmetszetben, hanem törési sávokban megy végbe (szakadótörés). Mikrorepedések az adalékanyag és a cementkő között már kezdetben is jelen vannak az összetevők eltérő tulajdonságai folytán. A terhelés növekedésével a keresztirányú húzófeszültségek nőnek, és a mikrorepedések továbbterjednek a cementkőben, és a terhelés irányával párhuzamosan hasítják a betonpróbatestet. A törési sávban lévő anyagrézecskek teherbíró képessége a nyomószilárdság elérésekor kimerül. A betontestben tárolt energia a próbatest hosszával és szilárdságával növekszik. A törési folyamat során a hővé alakult energia nagysága azonban szinte független a beton szilárdságától, ezért mind a nagy szilárdságú, mind a hosszú próbatestek gyorsabban veszítik a szilárdságukat, mint a kisebb szilárdságúak vagy hosszúságúak. Bizonyos körülmények között a beton csúszótöréssel megy tönkre, főképp mintegy 60 N/mm² hengerszilárdság alatt.
- A főfeszültségi állapotú beton σ_{c3} - ε_{c3} görbéje a beton töréséig jó közelítéssel parabola alakú (*Stoffel*, 2000), (*Zwicky et al.*, 2003):

$$\sigma_{c3} = f_{cc} \times \frac{\varepsilon_{c3}^2 + 2 \times \varepsilon_{c3} \times \varepsilon_{c0}}{\varepsilon_{c0}^2},$$

ahol:

ε_{c3} = a főfeszültségi állapotú próbahenger fajlagos alakváltozása, amely: - $\varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_{c0}$;

ε_{c0} = a főfeszültségi állapotú próbahenger nyomószilárdságához tartozó fajlagos alakváltozás, amelynek határa $f_{cc} \leq 30$ N/mm² esetén mintegy 2‰ és $f_{cc} = 100$ N/mm² esetén mintegy 3‰.

- A próbahenger $\sigma = 0,4 \times f_c$ feszültségének eléréséig a beton rugalmassági modulusának nagyságrendje (*Zwicky et al.*, 2003):

$$E_c \approx 10000 \times f_c^{1.3} \text{ N/mm}^2$$

és $20 \text{ N/mm}^2 \leq f_c \leq 100 \text{ N/mm}^2$ hengerszilárdságok között, azok elérésig, a hengerszilárdsághoz tartozó fajlagos alakváltozás értéke mintegy (*Zwicky et al.*, 2003):

$$\varepsilon_{c0} \approx 1,5 + \frac{f_c}{60} \text{ ‰}$$

- *Muttoni et al.* (1997) szerint a beton tényleges nyomószilárdsága (f_c) kisebb, mint a próbahenger f_{cc} nyomószilárdsága ($f_c \leq f_{cc}$), és kapcsolatuk a következő összefüggéssel számítható:

$$f_c = 2,7 \times f_{cc}^{2/3} \text{ N/mm}^2$$

Egyébként *Muttoni* (1990) óvatosságból, nagyszámú nyírási kísérlet eredménye alapján a következő összefüggés alkalmazását javasolta:

$$f_c = 1,6 \times f_{cc}^{2/3} \text{ N/mm}^2$$

- A beton tényleges nyomószilárdságát (f_c) a hengerszilárdságból (f_{cc}) az ε_1 főalakváltozás számításbavételével, N/mm² mértékegységben, *Vecchio et al.* (1986):

$$f_c = \frac{f_{cc}}{0,8 + 170 \times \varepsilon_1} \leq f_{cc}$$

és *Kaufmann* (1998):

$$f_c = \frac{f_{cc}^{2/3}}{0,4 + 30 \times \varepsilon_1} \leq f_{cc}$$

e fenti képletekkel írta fel;

- *Sigrist et al.* (1993, 1995) úgy találta, hogy a beton tényleges nyomószilárdságának alsó határa az

$$f_{c,min} = 1,25 \times f_{cc}^{2/3} \quad \text{N/mm}^2$$

összefüggéssel adható meg.

- Háromtengelyű, triaxiális igénybevétel esetén a beton szilárdsága és fajlagos alakváltozása nagyobb, mint egytengelyű igénybevétel esetén. *Richart et al.* (1928) szerint kísérleti eredményekre alapozva kijelenthető, hogy a beton – mint *Coulumb*-anyag – monoton növekvő σ_3 tengelyirányú főfeszültségből eredő f_{c3} háromtengelyű nyomószilárdsága az f_c hengerszilárdságból és a σ_1 konstans háromtengelyű palástnyomásból az

$$f_{c3} = f_c - 4 \times \sigma_1$$

összefüggéssel, és az f_{c3} háromtengelyű nyomószilárdsághoz tartozó ε_{c3} tengelyirányú, háromtengelyű összenyomódás, az ε_{c0} egytengelyű fajlagos alakváltozás segítségével az

$$\varepsilon_{c3} = \varepsilon_{c0} \times \left(1 - 20 \times \frac{\sigma_1}{f_c} \right)$$

összefüggéssel fejezhető ki.

A teherbírás-biztonságról szólva megemlítené, hogy az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerint a szálerősítésű betonok és a szálerősítésű löveltt betonok az egyenértékű hajlító-húzószilárdság előírt jellemző értéke alapján *T* jelű teherbírás-biztonsági osztályba sorolhatók.

Lásd még: *Lüders*-féle nyúlás, Szálerősítésű beton, Töréskép

Apoláris kötés

Lásd: Atomos kötés

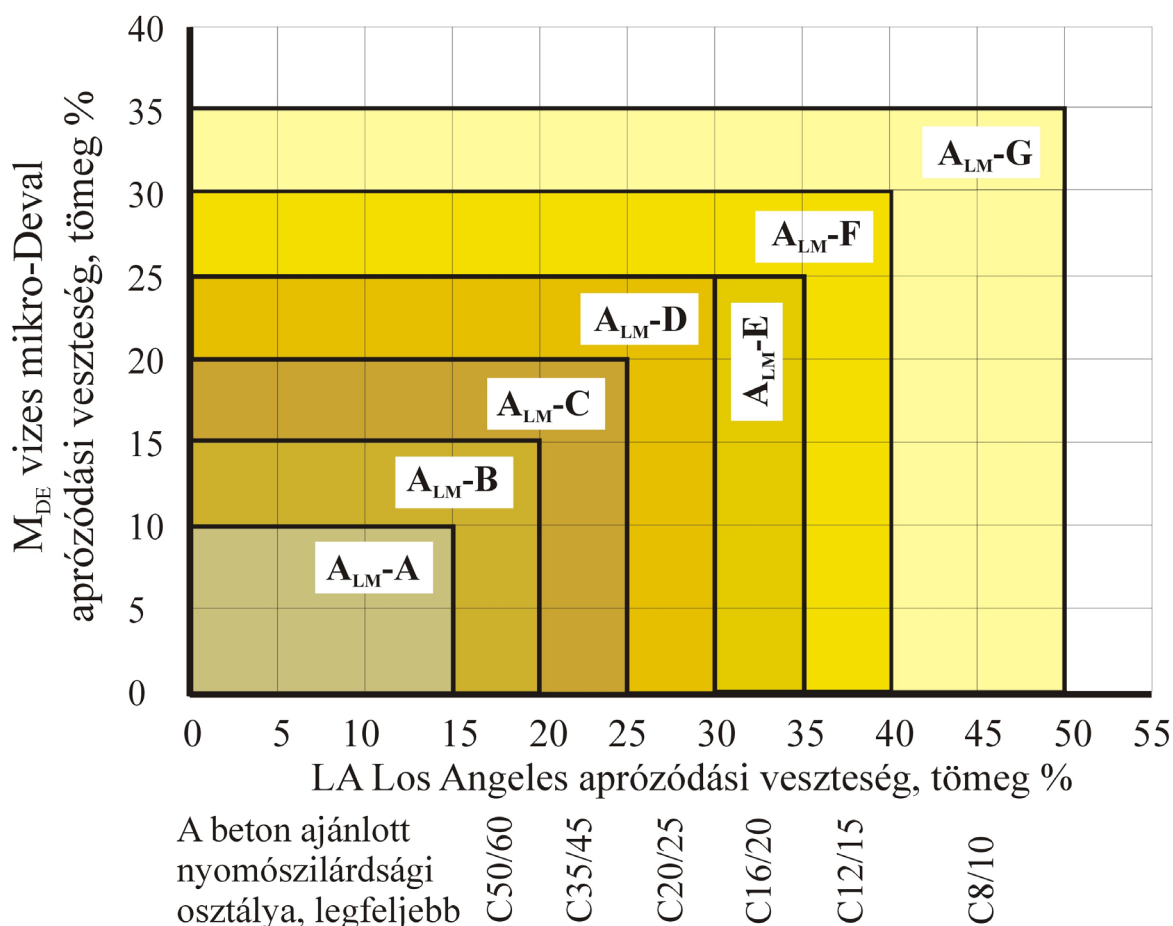
Aprózódási csoport

Az aprózódási csoport a zúzottkő, zúzottkavics, és újrahasznosított, valamint visszanyert tört, és a zúzottkőbetonból, zúzottkavicsbetonból visszanyert mosott és osztályozott betonadalékanyagok (zúzott betonadalékanyagok) MSZ EN 1097-2:2020 szabvány szerinti Los Angeles és MSZ EN 1097-1:2012 szabvány szerinti vizes mikro-Deval aprózódási veszteségét együtt kifejező szemhalmaz szilárdsági (fizikai-mechanikai) jellemző. A betonadalékanyag abba az aprózódási csoportba sorolható be, amelyben az előírt követelményeknek – az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerinti egyazon alaphalmazon meghatározott –, a Los Angeles és a vizes mikro-Deval aprózódási veszteség alapján egyidejűleg megfelel (*1.5.A30. ábra*). Termékfrakció esetén a kétféle aprózódási veszteséget nem a közet-előfordulás „in situ” anyagán kell referencia-vizsgálattal, hanem magán a termékben kell alternatív-vizsgálattal meghatározni.

Alkalmazzák például az ÉPMI 4/2019. „Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben” című építésügyi műszaki irányelvben, amely az alternatív Los Angeles és mikro-Deval aprózódási vizsgálat módszerének jellemzőit is tartalmazza, valamint szerepelt az e-UT 07.02.11:2020 T „Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti és vasúti műtárgyak építése” című útügyi műszaki előírás tervezetben.

Az aprózódási csoport 2023 őszén helyet kapott az MSZ 4798:2016/4M:2023 betonszabványban.

Jele: A_{LM} (L = Los Angeles, M = mikro-Deval)



1.5.A30. ábra: A zúzottkő, zúzottkavics, és újrahasznosított, valamint visszanyert tört, és a zúzottkőbetonból, zúzottkavicsbetonból visszanyert mosott és osztályozott betonadalékanyagok (zúzott betonadalékanyagok) aprózódási csoportja

A zúzott betonadalékanyagok aprózódási csoport szerint ajánlott felhasználhatósága a különböző nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez – mint az 1.5.A30. ábrán is látszik – a következő:

- C8/10 nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez az A_{LM}-A – A_{LM}-G aprózódási csoportú,
- C12/15 nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez az A_{LM}-A – A_{LM}-F aprózódási csoportú,
- C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez az A_{LM}-A – A_{LM}-E aprózódási csoportú
- C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez az A_{LM}-A – A_{LM}-D aprózódási csoportú,
- C25/30 – C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez az A_{LM}-A – A_{LM}-C aprózódási csoportú,
- C40/50 – C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonok készítéséhez az A_{LM}-A – A_{LM}-B aprózódási csoportú,
- C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betonok készítéséhez az A_{LM}-A aprózódási csoportú zúzott betonadalékanyagok alkalmazása javasolt.

Megjegyzés: E könyv szerzője a beton nyomószilárdsági osztályán általában mindig az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 betonszerkezet-tervezési szabvány szerinti, a mintegy 50:50

százalék átadás:átvételi valószínűségi aránnyal meghatározott nyomószilárdsági osztályt érti, akkor is, ha az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerinti, arra utaló AC50(H) jelölést nem alkalmazza.

Lásd még: Adalékanyag, Kőanyaghalmoz, Kőzetfizikai csoport, Kőzetfizikai tulajdonság

Aragonit

Az aragonit a kalcium-karbonátok (CaCO_3) rombos kristályrendszerű módosulata. A sósav még könnyebben oldja, mint a sósavban könnyen oldódó kalcitot (mészpát), amely a kalcium-karbonátok trigonális (romboéderes) kristályrendszerű módosulata (*Vendl*²⁷, 1953).

A levegőben lévő szén-dioxid (CO_2) hatására karbonátosodó cementkőben képződő kalcium-karbonátot (CaCO_3) elektronmikroszkópos és röntgen-felvételek alapján *Grofcsik János*²⁸ munkatársaival az 1950-es években aragonitként határozta meg (*Székely*, 1961).

Lásd még: Karbonátosodás

Arányos próbatest

Az MSZ EN ISO 6892-1:2020 és a visszavont MSZ 105-1:1987 szabványok szerint a fémek, például acélok szakítóvizsgálati próbatestje „arányos”, ha annak eredeti (kezdeti) jeltávolsága az $L_{0,5d}$ jeltávolságnak az egészszámu többszöröse.

Az „arányos próbatest” kifejezésnek semminemű kapcsolata sincs az „arányossági határ” vagy „arányos nyúlás” (rugalmas nyúlás) stb. kifejezéssel.

Arányossági határ

Az arányossági határ a szilárd, rugalmas-képlékeny anyagoknak az a feszültsége, amely alatt a feszültség és az alakváltozás kapcsolata lineáris összefüggéssel a gyakorlati mérnöki számításokhoz általában még elegendő pontossággal kifejezhető. Fémek esetén a rugalmassági határ és az annál nagyobb arányossági határ között az anyag már kissé képlékenyen viselkedik, de a rugalmassági és az arányossági határ különbsége általában csak nagypontosságú méréssel észlelhető. Az arányossági határt ezért olykor rugalmassági határnak nevezik, bár fizikai értelemben a *Hooke*-törvény csak a rugalmassági határ alatt érvényes. (*Palotás*, 1959), (*Gillemot*, 1972), (*Palotás*: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. kötet, 1979).

Megjegyzés: A fémzsal-erősítésű betonok hajlító-húzószilárdság mérésével foglalkozó MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabványban a fentiekől eltérő módon értelmezik az arányossági

²⁷ *Vendl Aladár* (1886, Ditró – 1971, Budapest) geológus, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia levelező (1922), majd rendes (1931) tagja. Az ELTE-n és a Műegyetemen szerzett felsőfokú végzettséget (1908). A Műegyetemen 2010-ben tanársegéd lett, majd 1914-ben technikai geológia tárgykörből magántanárrá habitált. Az egyetemi előadások tartása mellett főállása 1912-1927 között a Földtani Intézetben volt. A Műegyetem Geológia Tanszékének vezetésével apósa, a tanszék addigi vezetője, *Schafarzik Ferenc* egyetemi tanár, akadémikus (1854, Debrecen – 1927, Budapest) halálát követően bízták meg. A Műegyetemen két ízben volt dékán (1933-1934 és 1935-1936), és 1940-1941-ben rektor. Kutatómunkájának főbb témaköréi voltak a klasszikus kőzettani vizsgálatok, a riolitípusok, a Cserhát andezitjeinek, a Déli-Kárpátok kristályos kőzeteinek kutatása, a laza üledékes kőzetek vizsgálata, a Velencei-hegység geológiai és petrográfiai viszonyainak elemzése, talajvizek és gyógyvizek vizsgálata, szénhidrogénkutatás stb. (*Kenyeres* főszerk., III. kötet, 1981). Lásd még: <http://www.betonopus.hu/notesz/vendl-es-papp/vendl.pdf>

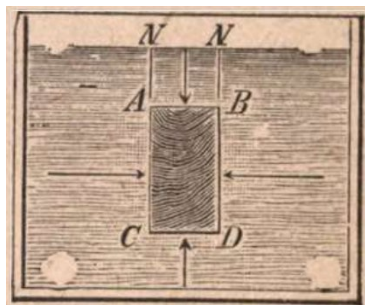
²⁸ *Grofcsik János* (1890, Pápa – 1977, Budapest) okl. vegyész-mérnök (1912), egyetemi tanár, a kémiai tudományok doktora (1960). 1913-tól volt a budapesti Felsőipariskola tanára, és emellett 1920-tól a Városlódi Kőedénygyárban, 1940-1948 között a Drasche Kőszénbánya és Téglagyár Társulatban, 1948-tól a Mész-, Cement- és Üvegipari Igazgatóságban dolgozott különböző vezetői beosztásokban. 1951-ben lett a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Tanszékének egyetemi tanára. Tanácsadója volt a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetnek, elnöke az SZTE Szilikátipari Tudományos Egyesületnek, valamint az MTA Szilikátkémiai Albizottságának. Több mint 50 szilikátkémiai közleménye jelent meg. (Magyar Életrajzi Lexikon, 1981-1982)

határ fogalmát. Az MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerint az arányossági határ (angolul: Limit of proportionality, rövidítve: LOP; németül: Proportionalitätsgrenze) az a – szabványos méretű, négyzet-keresztmetszetű és támaszköz-középen bemetszett, hajlított próbahasábot középen terhelő – legnagyobb erő (F_L) ébresztette legnagyobb hajlító-húzófeszültség ($f_{ct,L}^f$), amely a hajlított próbahasáb alsó szélső szálának legfeljebb 0,05 mm értékű $CMOD_{F_L}$ megnyúlását, azaz a keresztmetszet alján a bemetszés legfeljebb 0,05 mm értékű $CMOD_{F_L}$ megnyílását (angolul: Crack Mouth Opening Displacement, rövidítve: CMOD; németül: Verschiebung am Ansatz der Rissöffnung) vagy a próbahasábnak a támaszköz közepén mért legfeljebb 0,08 mm értékű δ_{F_L} lehajlását (angolul: deflection; németül: Durchbiegung) okozza; átlagérték. A δ lehajlás és a CMOD megnyúlás közelítő összefüggése: $\delta = 0,85 \times CMOD + 0,04$ [mm].

Lásd még: Egyezményes folyáshatár a próbatest terheletlen állapotában, Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában, Folyáshatár szilárdságtani értelmezése, Hooke-törvény, Rugalmassági határ, Szálerősítésű beton, Szálerősítésű lövellt beton

Archimedes törvénye, Arkhimédész törvénye

*Archimedes*²⁹ törvénye szerint a folyadékba merülő testre ható felhajtóerő nagysága egyenlő a test bemerülő részével egyenlő térfogatú folyadék súlyával; más szóval – és idézzük a Tolnai Világlexikona (1913) 2. kötetének 259. oldalát: – a folyadékba merülő test „látszólagos (azaz a folyadékban tapasztalt) súlyvesztése mindig akkora, mint amennyit a test által a folyadékból kiszorított folyadékmennyiség nyom”.



„Archimedes tételének bizonyítása: (ABCD) hasábot folyadékba merítjük. (CD) felületére (CN) magas és (CD) alapfelületű vízoszlop gyakorol fölfelé ható nyomást. Az (AB) felületre (AN) magasságú oszlop lefelé irányuló nyomása hat. A kettő különbsége oly oszlop fölfelé ható nyomása, amelynek (CD) az alapja és (CA) a magassága, tehát akkora, mint az alámerített test.” (Tolnai Világlexikona. Második kötet, 1913), (1.5.A31. ábra)

1.5.A31. ábra: Szemléltető ábra *Archimedes* törvényének bizonyításához a Tolnai Világlexikonában (Tolnai Világlexikona. Második kötet, 1913)

A tétel egyenletekkel felírva, ha

- a folyadékba teljesen bemerülő tömör (nem porózus, pórus- légbuborék- hézag- stb. mentes) hasáb magassága $h_{\text{hasáb}}$ és alapjának területe A ;
- a $\rho_{\text{folyadék}}$ sűrűségű folyadékba teljesen bemerülő tömör hasábnak a folyadékszint alatt $h_{\text{folyadék}}$ mélységben lévő alsó lapjára ható erő:

$$F_{\text{alsó}} = p_{\uparrow} \times A = g \times \rho_{\text{folyadék}} \times h_{\text{folyadék}} \times A;$$

²⁹ *Archimedes* ókori görög tudós (Kr. e. 287-212, Syracusa), aki Alexandriában matematikát, csillagászatot, geometriát tanult. Hadigépeket szerkesztett, amelyekkel a görög telepesek hosszú időn át sikerrel védték Syracusa-t a várost ostromló rómaiaktól. Víziemelő és hadi gépezeteket szerkesztett, különleges hajót épített, meghatározta a kör területének és átmérőjének arányát (π), megfogalmazta a nevét viselő hidrosztatikai törvényt, amelyen a folyadékok sűrűség- és szabálytalan alakú szilárd testek testsűrűségének mérése alapszik stb. Tudományos ismereteit, felfedezéseit könyvekben feljegyezte. Fennmaradt mondásai szállóigévé váltak: „Heureka, megtaláltam”, „Adj nekem helyet, hová álljak, s én megmozdítom a földet”, „Ne zavard az én körimet”, (Egyetemes Magyar Encyclopædia. Harmadik kötet, 1861.), (Tolnai Világlexikona, 1913).

- a $\rho_{\text{folyadék}}$ sűrűségű folyadékba teljesen bemerülő tömör hasábnak a folyadékszint alatt ($h_{\text{folyadék}} - h_{\text{hasáb}}$) mélységben lévő felső lapjára ható erő:

$$F_{\text{felső}} = p_{\uparrow} \times A = g \times \rho_{\text{folyadék}} \times (h_{\text{folyadék}} - h_{\text{hasáb}}) \times A,$$

akkor e két utóbbi különbsége a folyadékba teljesen bemerülő tömör hasábra ható felhajtóerő, amely *látszólag* csökkenti a tömör hasáb G súlyát:

$$F_{\uparrow} = F_{\text{alsó}} = + F_{\text{felső}} = g \times \rho_{\text{folyadék}} \times h_{\text{hasáb}} \times A,$$

és lévén, hogy a kiszorított folyadék térfogata (V) egyenlő a vízbe merülő tömör hasáb térfogatával ($V = h_{\text{hasáb}} \times A$), adódik, hogy a tömör hasáb

- *látszólagos* súlya folyadékba teljesen bemerítve:

$$G_{\text{folyadékban mérve}} = G - F_{\uparrow} = G - g \times \rho_{\text{folyadék}} \times V$$

- és *látszólagos* sűrűsége folyadékba teljesen bemerítve:

$$\rho_{\text{hasáb, látszólagos}} = \frac{G_{\text{folyadékban mérve}}}{g \times V} = \frac{G}{g \times V} - \rho_{\text{folyadék}} = \rho_{\text{hasáb}} - \rho_{\text{folyadék}}$$

Ez az összefüggés

- a tömör szilárd test $\rho_{\text{hasáb}}$ sűrűségére rendezve a szabálytalan alakú szilárd testek testsűrűsége – hidrosztatikai mérleges – meghatározásának az alapelvét írja le:

$$\rho_{\text{hasáb}} = \rho_{\text{hasáb, látszólagos}} + \rho_{\text{folyadék}}$$

- a folyadék $\rho_{\text{folyadék}}$ sűrűségére rendezve pedig a folyadékok sűrűsége – areométeres és *Mohr-Westphal*-mérleges – meghatározásának az alapelvét fejezi ki:

$$\rho_{\text{folyadék}} = \rho_{\text{hasáb}} - \rho_{\text{hasáb, látszólagos}}$$

Lásd még: Anyagsűrűség, Areométer, Hidrosztatikai mérleg, *Mohr-Westphal*-mérleg, Testsűrűség

Areométer

Az areométert olykor „merülő sűrűségmérő”-nek vagy „fokoló”-nak is nevezik.

Az areométer a folyadékok sűrűségmérési eszközeinek egyike: adott, nehezezzel (például golyókat, söréteket stb.) beállított tömegű (súlyú), sűrűségmérő-skálával, esetleg hőmérővel ellátott zárt üvegcső. Működése *Archimedes* törvényén alapszik: a folyadékban lebegő (úszó) areométer a folyadékba annál jobban bemerül, minél kisebb a folyadék sűrűsége; a folyadék sűrűsége (anyagsűrűsége) pedig e merülési mélység függvénye, és a sűrűségmérő-skálán leolvasható.

Az areométereket általában 20 °C hőmérsékletű folyadéokra hitelesítik. Ha a folyadék hőmérséklete ettől eltér, akkor a mérési eredményt a visszavont MSZ 3259:1985 szabvány szerint lehet 20 °C hőmérsékletű folyadék sűrűségére átszámítani. (*Balázs szerk.*, 1983), (*Weiss*, 1974, I. kötet).

Lásd még: Anyagsűrűség, *Archimedes* törvénye, *Mohr-Westphal* mérleg

Arrhenius-féle betonszilárdulási modell

Svante Arrhenius³⁰ 1888-ban kidolgozott tétele a kémiai kinetikában a reakció-sebességi együttható (k) értékét adja meg exponenciális összefüggés alakjában az anyaghőmérséklet (T) függvényében:

$$k = A \times e^{-\frac{E_a}{R_u \times \Delta T}} = A \times e^{-\frac{E_a}{R_u} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} = A \times e^{\frac{E_a}{R_u} \times \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)}$$

ahol:

A = preexponenciális tényező (frekvencia faktor)

E_a = aktiválási energia, J/mol

amely $T \geq 293,15$ K (≥ 20 °C) esetén: $E_a = 33500$ J/mol,

$T < 293,15$ K (< 20 °C) esetén: $E_a = 33500 + 1470 \times (T_0 - T)$ J/mol;

vagy a cementfajta függvényében:

CEM I esetén: $E_A = 25000$ - 45000 J/mol,

CEM III esetén: $E_A = 50000$ - 75000 J/mol

R_u = univerzális gázállandó (8,3142 J/mol·K)

E_a/R_u = $T \geq 293,15$ K (≥ 20 °C) esetén: $E_a/R_u = 33500/8,3142 = 4029$ K ~ 4000 K,

$T = 273,15$ K (0,0 °C) esetén: $E_a/R_u = (33500 + 1470 \times 20)/8,3142 = 7565$ K

T_0 = az anyag referencia-hőmérséklete (293,15 K = 20 °C), kelvinben kifejezve

T = az adott időtartam alatt változatlan anyaghőmérséklet vagy átlagos anyaghőmérséklet (vizsgálati hőmérséklet), (273,15 K + $T_i = 0,0$ °C + T_i), kelvinben kifejezve

T_i = az adott időtartam alatt változatlan anyaghőmérséklet vagy átlagos anyaghőmérséklet (vizsgálati hőmérséklet), °C-ban kifejezve

Az Arrhenius-féle összefüggés megtalálható az ASTM C 1074-04 szabvány 6.3 fejezetében, amelynek A1.3 melléklete (Annex A1.3), valamint X1.3 függeléke (Appendix X1.3) értelmezi az E_a/R állandót.

Az Arrhenius-féle képletben az idő-egyenértéket (t_{Ti}) fejező k/A hányados – amely $T_i = 20$ °C vizsgálati anyaghőmérsékleten $t_{Ti} = t_{20^\circ\text{C}} = 1,0$ értéket vesz fel – összefüggése –, ha a vizsgálati anyag hőmérséklete ≥ 20 °C – a CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1.8.2. fejezetének 2.1-87 képlete és a CEB-FIP Model Code 2010 modell kód 5.1.10.2 fejezetének 5.1-85 képlete alapján a következő (1.5.A32. ábra):

$$\frac{k}{A} = t_{T_i} = e^{\left(13,65 - \frac{4000}{273,15 + T_i}\right)} \quad [\text{nevezetlen szám}]$$

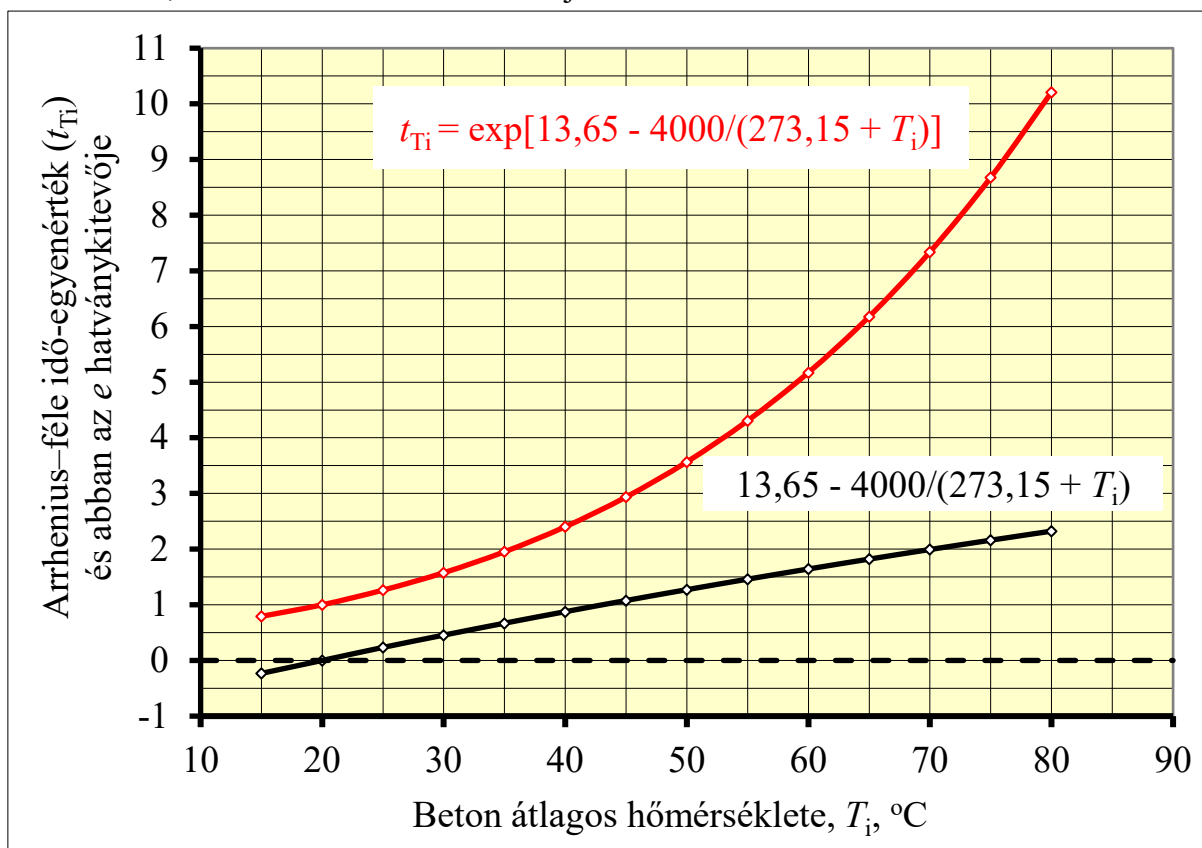
Ha a vizsgálati anyag hőmérséklete $T \geq 293,15$ K (≥ 20 °C), akkor az Arrhenius-féle összefüggés a fenti $k/A = t_{Ti}$ képletnek megfelelően a mai értelemben vett CEM I és CEM II fajtájú portlandcementek esetén a következő alakot ölti:

$$k = A \times e^{\frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)} = A \times e^{4000 \times \left(\frac{1}{293,15} - \frac{1}{273,15 + T_i}\right)} = A \times e^{\left(13,65 - \frac{4000}{273,15 + T_i}\right)}$$

Megjegyzendő, hogy a fenti Arrhenius-féle $k/A = t_{Ti}$ összefüggést és a betonokra vonatkozó k összefüggést az előírások és szabványok (például: CEB-FIP Model Code 1990, CEB-FIP Model

³⁰ Svante August Arrhenius (1859, Uppsala – 1927, Stockholm) svéd kémiai Nobel-díjas (1903) fizikus és kémikus. Uppsalában járt középiskolába. Az Uppsalai Egyetemre 1876-ban iratkozott be, ahol matematikát, kémiát és fizikát tanult. Kémiai doktori disszertációját 1884-ben nyújtotta be. A Stockholmi Műszaki Főiskolán 1895-ben kapott professzori, majd 1897-ben rektori kinevezést. 1905-től a Svéd Tudományos Akadémia Fizikai-Kémiai Nobel Intézetét vezette. Arrhenius mondta ki először, hogy az oldatok az ionok miatt képesek vezetni az elektromosságot, és az elektrolitok kémiai tulajdonságaiért is az ionok a felelősek. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Svante_August_Arrhenius)

Code 2010, MSZ EN 1992-1-1:2010, ASTM C 1074-04) olykor 20 °C alatti hőmérsékletekre is alkalmazzák, illetve az alkalmazást nem tiltják.



1.5.A32. ábra: Az Arrhenius-féle idő-egyenértéknek (t_{Ti}) és annak összefüggésében az Euler-féle szám ($e \sim 2,718282$) hatványkitevőjének a görbéje

A CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1.6.1. fejezetének 2.1-54 képlete és a CEB-FIP Model Code 2010 modell kód 5.1.9.1. fejezetének 5.1-51 képlete a különböző korú betonok szilárdsági tulajdonságainak változását – a 28 napos korú, szabványosan tárolt és utókezelt (MSZ EN 12390-2:2019) beton átlagos nyomószilárdságára vonatkoztatva – az idő függvényében a $\beta_{cc}(t)$ szilárdulási idő tényezővel veszi figyelembe:

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \times \left[1 - \left(\frac{28}{t_T} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\} = e^{s \times \left[1 - \left(\frac{28}{t_T} \right)^{\frac{1}{2}} \right]}$$

ahol:

s = cement fajtájától függő tényező, lásd az 1.5.A5. táblázatot

$t_{1,T}$ = 1 nap, amelyet a mértékegységre tekintettel szerepeltetnek az összefüggésben

t_T = a 20 °C betonhőmérsékletre vonatkoztatott helyettesítő időtartam portlandcement esetén a CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1.8.2. fejezetének 2.1-87 képlete és a CEB-FIP Model Code 2010 modell kód 5.1.10.2 fejezetének 5.1-85 képlete, valamint az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány B10 képlete szerint, 0°C és +80 °C közötti hőmérsékleti tartományban:

$$t_T = \sum_{i=1}^n t_{Ti} \times \Delta t_i = \sum_{i=1}^n e^{\left(13,65 - \frac{4000}{273+T_i}\right)} \times \Delta t_i \quad [\text{nap vagy óra}]$$

ahol:

T_i = az adott szilárdulási időtartam alatt változatlan betonhőmérséklet vagy átlagos betonhőmérséklet (vizsgálati hőmérséklet), °C-ban kifejezve

Δt_i = a szilárdulási időtartam (intervallum), amely alatt a hőmérséklet változatlan vagy átlagával jellemezhető (T_i), napban vagy órában kifejezve

A $\beta_{cc}(t)$ szilárdulási idő tényező tehát a hőmérséklet befolyásolta helyettesítő időtartamnak (t_T) és a cement fajtájától függő együtthatónak (s) a függvénye.

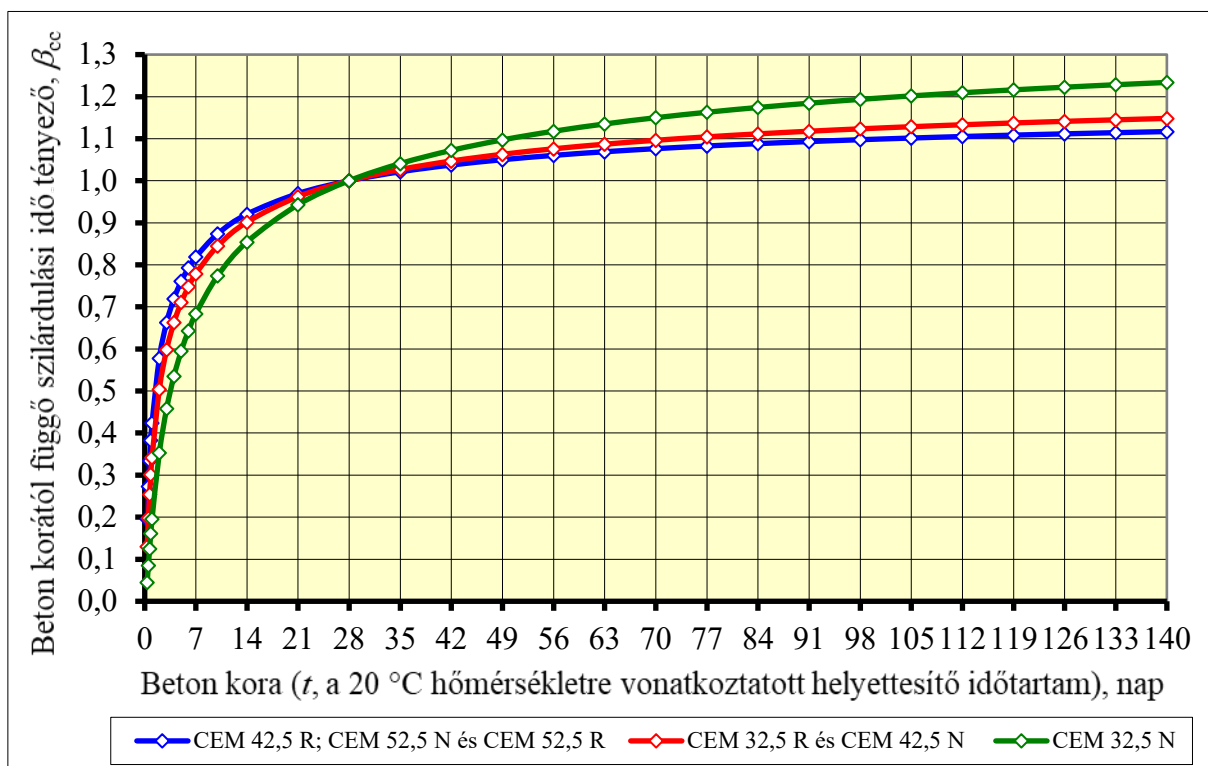
1.5.A5. táblázat: A cement fajtájától függő tényező (s) értéke a CEB-FIP modell kódok és az Eurocode szabvány szerint

A CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1.6.1. fejezete, illetve a CEB-FIP Model Code 2010 modell kód 5.1.9.1. fejezete és az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány 3.1.2 fejezetének (6) bekezdése szerint	
$f_{cm} \leq 60 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú beton esetén	
s	ha a cement szilárdsági osztálya
0,20	CEM 42,5 R; CEM 52,5 N; CEM 52,5 R
0,25	CEM 32,5 R; CEM 42,5 N
0,38	CEM 32,5 N
$f_{cm} > 60 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú beton esetén	
0,20	Valamennyi cementszilárdsági osztályban

Alkalmazva a $t = t_T/t_1$ egyszerűsítést, a CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1.6.1. fejezetének 2.1-54 képlete és a CEB-FIP Model Code 2010 modell kód 5.1.9.1. fejezetének 5.1-51 képlete, valamint az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány 3.1.2. fejezetének (6) bekezdése 3.2. képletének alakja – a 28 napos korú, szabványosan tárolt és utókezelt beton átlagos nyomószilárdságára vonatkozó $\beta_{cc}(t)$ szilárdulási idő tényező a t_T helyettesítő időtartamnak megfelelő t idő függvényében – a következő (1.5.A33. ábra):

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \times \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\} = e^{s \times \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right]}$$

Ez az összefüggés az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány 10.3.1.1. fejezetének (3) bekezdése szerint az előregyártott vasbeton szerkezeti elemek hőérlelése esetén is érvényes, és vele a 28 napnál fiatalabb beton $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm}$ átlagos nyomószilárdsága számítható t napos korában. Ezesetben a $\beta_{cc}(t)$ tényezőt 1,0-re kell korlátozni. (1.5.A33. ábra).



1.5.A33. ábra: $\beta_{cc}(t)$, szilárdulási idő tényező függvénye a CEB-FIP modell kódok és az Eurocode szabvány szerint

A CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1.6.1. fejezetének 2.1-53 képlete és a CEB-FIP Model Code 2010 modell kód 5.1.9.1. fejezetének 5.1-50 képlete, valamint az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány 3.1.2. fejezete (6) bekezdésének 3.1. képlete szerint a beton átlagos nyomószilárdságát a t időpontban ($f_{cm}(t)$) – a szilárdulási idő tényező $\beta_{cc}(t)$ és a beton 28 napos átlagos nyomószilárdsága (f_{cm}) felhasználásával – a következő összefüggéssel lehet megbecsülni:

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} = e^{s \times \left[1 - \left(\frac{28}{t_T} \right)^{\frac{1}{2}} \right]} \times f_{cm}$$

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány 3.1.2. fejezetének (6) bekezdésében hangsúlyozzák, hogy ha a beton 28 napos megkövetelt nyomószilárdsága nem teljesül, akkor a fenti összefüggést használni, továbbá ezzel a nem megfelelő referencia-szilárdság meglétét visszamenőlegesen igazolni, még az utószilárdulás figyelembevételével sem szabad.

Ajánlott irodalom: Kausay (2011)

Lásd még: *Könyvünk 7. fejezete*

AR-üveg, alkáli rezisztens üveg

Lásd: Szálerősítésű beton

ASCEM-kötőanyag, alkáli-aktivált kötőanyag, ASCEM-cement®

Az ASCEM-kötőanyag az alternatív kötőanyagok csoportjába tartozik. Előnye, hogy másodlagos nyersanyagforrások felhasználásával állítható elő, és sokkal kisebb CO₂-kibocsátással gyártható, mint a portlandcementek. Az ASCEM kötőanyag cementklinkert nem tartalmaz, nyersanyaga granulált kohósalak, pernye és metakaolin, amelyek előkészített keveréke aktivátor hatására megszilárdul.

Az alkáli-aktivált kötőanyagok kalcium-oxid-tartalma alapján két főváltozatát különböztetik meg (Dehn et al., 2017), (Tänzer et al., 2011):

- Alkáli-aktivált kötőanyag nagy kalcium-oxid-tartalommal ($\text{CaO} > 10$ tömeg%). Nyersanyaga granulált kohósalak és kalciumban gazdag pernye. Aktivátorként alkáli-hidroxid-oldat (NaOH , KOH), nátrium-karbonát-oldat (Na_2CO_3) vagy alkáli-szilikát-oldat, más néven vízüveg ($\text{NaO} \times n\text{SiO}_2$, ahol $0,4 \leq n \leq 4,0$, például: Na_2SiO_3) használatos. A reakciótermékek láncalakú kalcium-szilikát-hidrát (C-S-H) fázisok, viszonylag kis Ca/Si hányadossal ($0,9 - 1,2$), valamint kalcium-alumínium-szilikát-hidrátok (C-A-S-H) beépült alkálifémmel (nátrium vagy kálium) vagy anélkül.
- Alkáli-aktivált kötőanyag kis kalcium-oxid-tartalommal ($\text{CaO} \leq 10$ tömeg%), amelyet *geopolimernek* is neveznek. Nyersanyaga szilíciumban gazdag (savanyú) pernye és metakaolin.

A granulált kohósalakos aktivált kötőanyaghoz hasonlóan aktiválható azzal a különbséggel, hogy erőteljesebb gerjesztést igényel, ezért aktivátorként töményebb alkáli-hidroxid- vagy alkáli-szilikát-oldatot kell használni. A reakciótermékek háromdimenziós hálózatot képződő alumoszilikátok (alkotói tetraedres SiO_4 és tetraedres AlO_4).

Alkáli-aktivált kötőanyagot a két főváltozat nyersanyagainak keverékéből is szoktak készíteni. Megjegyezzük, hogy az MSZ 17213-1:1989 szabványban vízüvegbetonnak – máshol lúgbetonnak – nevezik a vízüveg kötőanyag, ásványi adalékanyag és adalékszer keverékéből készített korrózióálló, „saválló” betont; szilikonozásnak pedig az eljárást, amelynek során a beton korrózióállóságát nátrium- vagy kálium-szilikát oldatos (vízüveges) kezeléssel javítják, Az alkáli-aktivált kötőanyagokkal nagyszilárdságú betonok, fokozottan szulfátálló és kis CaO -tartalom (geopolimer) esetén fokozottan saválló betonok, klorid behatolásnak fokozottan ellenálló betonok készíthetők. Az alkáli-aktivált kötőanyagú betonok fagyállóságát illetően vannak kedvező kutatási eredmények, bár a szükséges légbuboréktartalom létrehozása jelenleg még bizonytalan. Az alkáli-aktivált kötőanyagú betonok rugalmassági modulusa kisebb, mint az ugyanolyan szilárdságú portlandcement-betonok rugalmassági modulusa; karbonátosodással szembeni ellenállásuk csekély.

Hazánkban a szilikátok finomörlését kísérő fizikokémiai, mechanokémiai jelenségek kutatása terén *Opoczky Ludmilla*³¹ és *Juhász A. Zoltán*³² professzor (*Juhász A. Z. et al.*, 1982, 1998 és 2003) ért el kimagasló eredményt.

Az alkáli-aktivált kötőanyagok mai hazai nyersanyagkutatásáról *Soósné B. I.* (2018) adott hírt. Sikerült például kristályos kaolinit agyagásványt hőkezelés helyett intenzív őrléssel reakcióképes amorf kaolinná, kristályos kohókövet intenzív őrléssel reakcióképes amorf kohósalakká alakítani. Eredményeket értek el például a metakaolin és a kohósalak hidrogén-

³¹ *Opoczky Ludmilla* (1933, Moszkva – 2015, Budapest) okl. vegyészmérnök, *Eötvös Lóránd*-díjas, a kémiai tudományok kandidátusa (1969), a kémiai tudományok doktora (1983), a Veszprémi Egyetem címzetes egyetemi tanára (1986), a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Cement Kutató Osztályának neves kutatója, csoportvezetője (1958-1991), majd a CEMKUT Kft. ügyvezetője, tudományos igazgatója (1991-1994).

³² *Juhász A. Zoltán* (1929, Kispest – 2003, Budapest) okl. vegyész, a kémiai tudomány doktora, a Veszprémi Egyetem emeritus professzora. Egyetemi oklevelet az ELTE Természettudományi Karán 1951-ben szerzett. Egyetemi doktor 1958-ban, a kémiai tudományok kandidátusa 1969-ben, akadémiai doktor 1980-ban lett. A Vegyesásványbányászati Laboratórium analitikai kutatómérnökeként (1951-1952), a Bányászati Kutató Intézet Érc- és Kőzetosztály tudományos munkatársaként (1952-1956), az Országos Érc- és Ásványbányák Ásványbányászati Központi Laboratóriumának vezetőjeként, majd műszaki-gazdasági tanácsadójaként (1956-1969) dolgozott. *Juhász A. Zoltán* 1969-től a BME Építőmérnöki Kar Építőanyagok Tanszékének egyetemi adjunktusa, majd tudományos tanácsadója és a Tanszék Kémiai és Anyagszerkezeti Laboratóriumának vezetője, 1982–1995 között a Veszprémi Egyetem Szilikátkémiai és Technológiai Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára és 1998-tól emeritus professzora volt. (Építőanyag. 55. évf. 2003. 3. szám. p. 90.)

peroxid-oldatos (H_2O_2 -oldatos) habosításával, amelyek szennyvíztisztításban szerepet játszó nyitott pórusú mikroszerkezetű katalizátorhordozók kialakítására lehetnek alkalmasak.

Lásd még: Geopolimer

Asszociáció, Asszociálódás, Asszociálás

Az asszociáció latin eredetű szó, jelentése: társulás, kapcsolódás, egyesülés (asszociálódás), illetve társítás, kapcsolás, egyesítés (asszociálás)

Lásd még: Hidratáció

Atomi tömegegység

Lásd: Atomtömeg

Atomos kötés

Az atomos kötésű (apoláris kötésű, kovalens kötésű) molekulák nem ionokból állnak, és így nem vezetik az áramot sem kis, sem nagy hőmérsékleten. Ilyen molekula például a H_2 , Cl_2 , O_2 , CH_4 stb. és a legtöbb szerves vegyület. Az apoláris kötésű molekulákban a vegyértékelektronok összege többnyire páros szám, például a H_2 -ben 2, a H_2O -ban $2 \times 1 + 1 \times 6 = 8$, a szén-dioxidban (CO_2) $1 \times 4 + 2 \times 6 = 16$ vegyértékelektron van. Az ilyen molekuláknak a legkülső elektronhéjban lévő elektronjai elektron-párok alkotására törekszenek, hogy magányos elektron az elektronhéjon lehetőleg ne maradjon. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Ionos kötés

Atomsúly

Elavult fogalom, amelyet a relatív atomtömeg fogalma váltott fel.

Lásd: Atomtömeg

Atomtömeg

A kémiai elem *atomtömegén* az adott elem atomjának átlagos tömegét kell érteni, amelyet a relatív atomtömeg és az atomi tömegegység (D_a) szorzataként szoktak megadni. Például az oxigén atomtömege $15,9994 \times d_a$.

A *relatív atomtömeg* viszonyszám, az adott elem atomja átlagos tömegének és a ^{12}C -szénizotóp tömege 1/12-ed részének hányadosa³³. Jele: A

A ^{12}C -szénizotóp tömegének 1/12-ed része az *atomi tömegegység*: $1 D_a = 1,6605389 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1,6605389 \times 10^{-24} \text{ g}$, amelyet *Dalton*³⁴ iránti tiszteletből jelöltek D_a -val (olykor jelölik u -nak

³³ Az IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) 1960-ban megrendezett konferenciáján abban állapodtak meg, hogy a ^{12}C tömegének 1/12 része legyen az a tömeg, amelyhez minden atom tömegét viszonyítják.

³⁴ *John Dalton* (1766, Eaglesfield, Cumberland – 1844, Manchester) angol kémikus, természetkutató, egyetemi tanár, több tudományos akadémia és tudományos társaság tagja. Matematikát és fizikát tanított Manchesterben. Az újkori atomelmélet megalapozója. Atomelméletének kifejlesztése kvantitatív tudománnyá tette a kémiát. Fizikai kutatásainak főbb területei: gázkeverékek, gőzerő, gőzök összenyomhatósága, gázok kiterjedése hőhatásra. *Dalton* fedezte fel, hogy minden elemnek meghatározott atomsúlya (mai értelemben relatív atomtömege) van, és atomi súlyegységként (tömegegységként) a hidrogén atom súlyát (tömegét) javasolta alkalmazni. Felfedezését Londonban, 1808-ban tette közzé.

is, régebbi jelölése: ATE). Ez közelítőleg egy proton, vagy egy neutron tömege. A dalton (*Da*, jelölik *u*-nak is) atomi tömegegység elfogadott, nem SI-mértékegység.

A *moltömeg* vagy *moláris tömeg* a kémiai elem vagy vegyület tömegének és anyagmennyiségének hányadosa. Mértékegysége kg/mol, de a gyakorlatban általában a g/mol mértékegységet használják, mert ennek számértéke jól megközelíti a *Dalton* által bevezetett atomsúlyt, illetve a mai periódusos rendszerben ennek megfelelő, többnyire az elem vegyjele alatt feltüntetett relatív atomtömeget. Például a $15,9994 \times da$ g atomtömegű, illetve $15,9994$ relatív atomtömegű oxigén moltömege $15,9994$ g/mol. Összetett anyagi rendszerek (például a levegő) moláris tömegét az összetevők moláris tömegének részarány szerint súlyozott összege adja.

Az *anyagmennyiség alapegysége* 1 mol. A mol a különféle atomok, atomcsoportok és ionok azon mennyiségét jelöli, amelyek ugyanannyi részecskét tartalmaznak, mint $12\text{ g }^{12}\text{C}$ -szénizotóp. Minthogy egy ^{12}C -szénizotóp tömege $12 \times da = 12 \times 1,6605389 \times 10^{-24}$ g, következik, hogy 1 mólnyi, azaz $12\text{ g }^{12}\text{C}$ -szénizotóp $12 / (12 \times 1,6605389 \times 10^{-24}) = 6,0221413 \times 10^{23}$ darab részecskéből (számú atomból) áll. Bármely atom, atomcsoport és ion egy mólnyi anyagmennyisége (például $12\text{ g }^{12}\text{C}$ -szénizotóp) $6,0221413 \times 10^{23}$ darab részecskét tartalmaz.

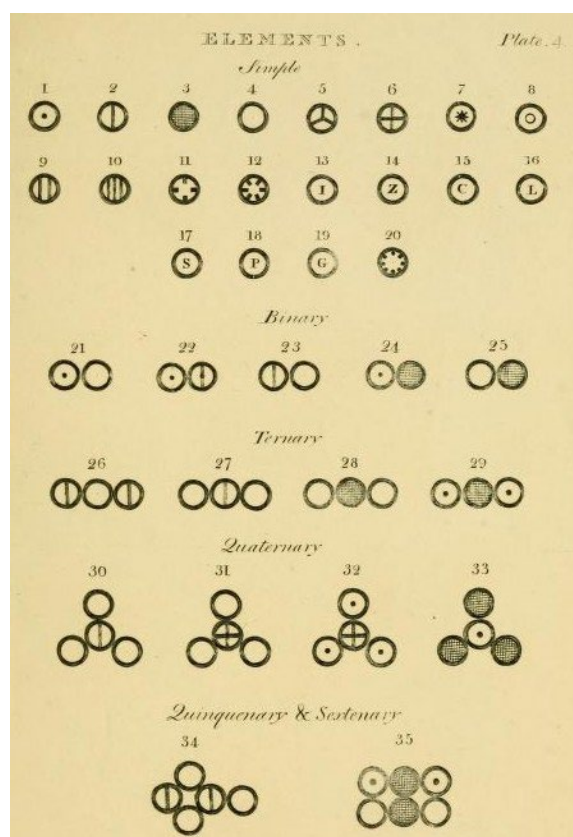


PLATE IV. This plate contains the arbitrary marks or signs chosen to represent the several chemical elements or ultimate particles.

Fig.		Fig.	
1	Hydrog. its rel. weight 1	11	Strontites 46
2	Azote 5	12	Barytes 68
3	Carbone or charcoal... 5	13	Iron 38
4	Oxygen 7	14	Zinc 56
5	Phosphorus 9	15	Copper 56
6	Sulphur 13	16	Lead 95
7	Magnesia 20	17	Silver 100
8	Lime 23	18	Platina 100
9	Soda 28	19	Gold 140
10	Potash 42	20	Mercury 167
21	An atom of water or steam, composed of 1 of oxygen and 1 of hydrogen, retained in physical contact by a strong affinity, and supposed to be surrounded by a common atmosphere of heat; its relative weight = ... 8		
22	An atom of ammonia, composed, of 1 of azote and 1 of hydrogen..... 6		
23	An atom of nitrous gas, composed of 1 of azote and 1 of oxygen..... 12		
24	An atom of olefiant gas, composed of 1 of carbone and 1 of hydrogen 6		
25	An atom of carbonic oxide composed of 1 of carbone and 1 oxygen..... 12		
26	An atom of nitrous oxide, 2 azote + 1 oxygen... .. 17		
27	An atom of nitric acid, 1 azote + 2 oxygen..... 19		
28	An atom of carbonic acid, 1 carbone + 2 oxygen 19		
29	An atom of carburetted hydrogen, 1 carbone + 2 hydrogen 7		
30	An atom of oxynitric acid, 1 azote + 3 oxygen ... 26		
31	An atom of sulphuric acid, 1 sulphur + 3 oxygen 34		
32	An atom of sulphuretted hydrogen, 1 sulphur + 3 hydrogen..... 16		

Az elemek relatív súlya *Dalton* Londonban, 1842-ben másodszor is kiadott „A New System of Chemical Philosophy” című könyvének 219. oldalán, és az elemek ábrázolása a könyv IV. tábláján (részlet)
<http://archive.org/stream/newsystemofchemi01dalt#page/237/mode/2up>

Ezt a számot ($6,0221413 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), *Avogadro*³⁵ emlékére *Avogadro*-számnak³⁶ vagy *Avogadro*-állandónak nevezik.

Az egy mólnyi anyagmennyiséget kitevő részecskék tömegének összegét 1 mollaal osztva az anyag moltömegét kapjuk. Például egy mólnyi, $6,0221413 \times 10^{23}$ darab atomból álló ^{12}C -szénizotóp tömege 12 g, és moltömege 12 g/mol; vagy egy mólnyi – ugyancsak $6,0221413 \times 10^{23}$ darab atomból álló – oxigén tömege 15,9994 g $\sim$ 16 g, és moltömege 15,9994 g/mol $\sim$ 16 g/mol, továbbá 1 oxigén atom tömege $15,9994 / (6,0221413 \times 10^{23}) = 15,9994 \times 1,6605389 \times 10^{-24} = 15,9994 \times da \sim 16 \times Da$ g.

A mól (mol) az SI-mértérendszer egyik alapegysége.

Lásd még: *Avogadro*-törvény, Tömeg

Auszténit

Az auszténit név *Sir William Chandler Roberts-Austen* (1843–1902) brit kohász nevét őrzi.

Az auszténit szenet és esetleg más ötvözőelemeket oldva tartalmazó γ -vas. Az auszténit a vasnak lapközepes köbös módosulata, amely a 912 °C és 1394 °C közötti hőmérsékleti tartományban stabil. Az ötvözetlen acél auszténitje lehűlés közben mindig átalakul. (*Óvári szerk.*, 1985), (Wikipedia)

Lásd még: Acélgyártás, Vas-szén ötvözetek

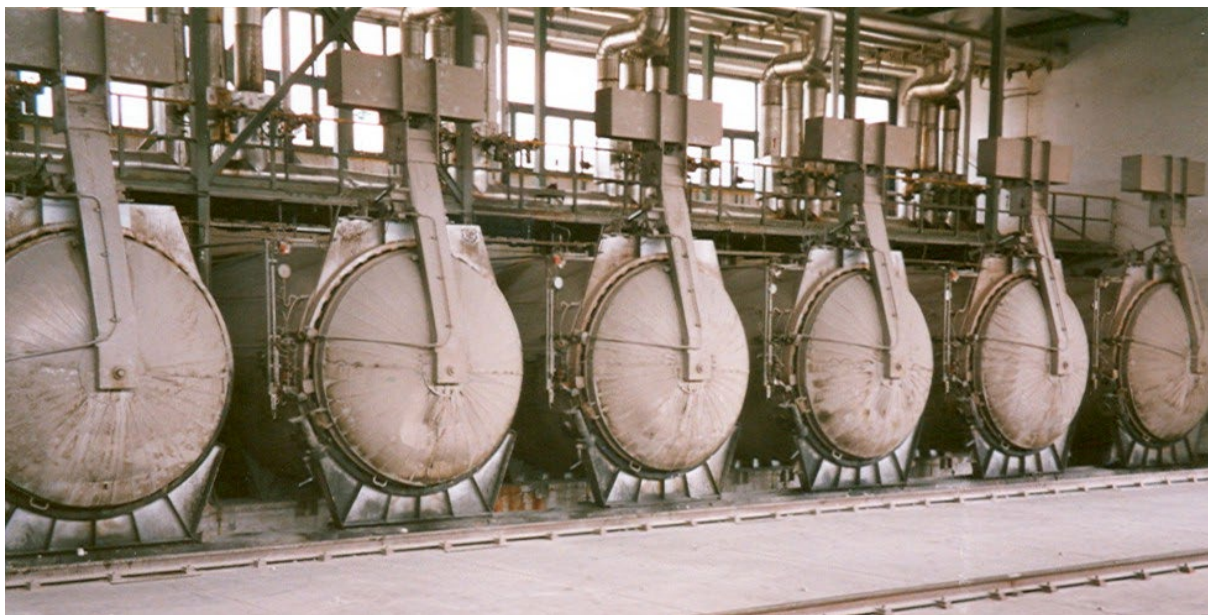
Autokláválás

Az autokláválás betonszilárdítási módszer, amelyet például a gázbetongyártásban (pórusbetongyártásban) és a mészhomoktégla-gyártásban alkalmaznak.

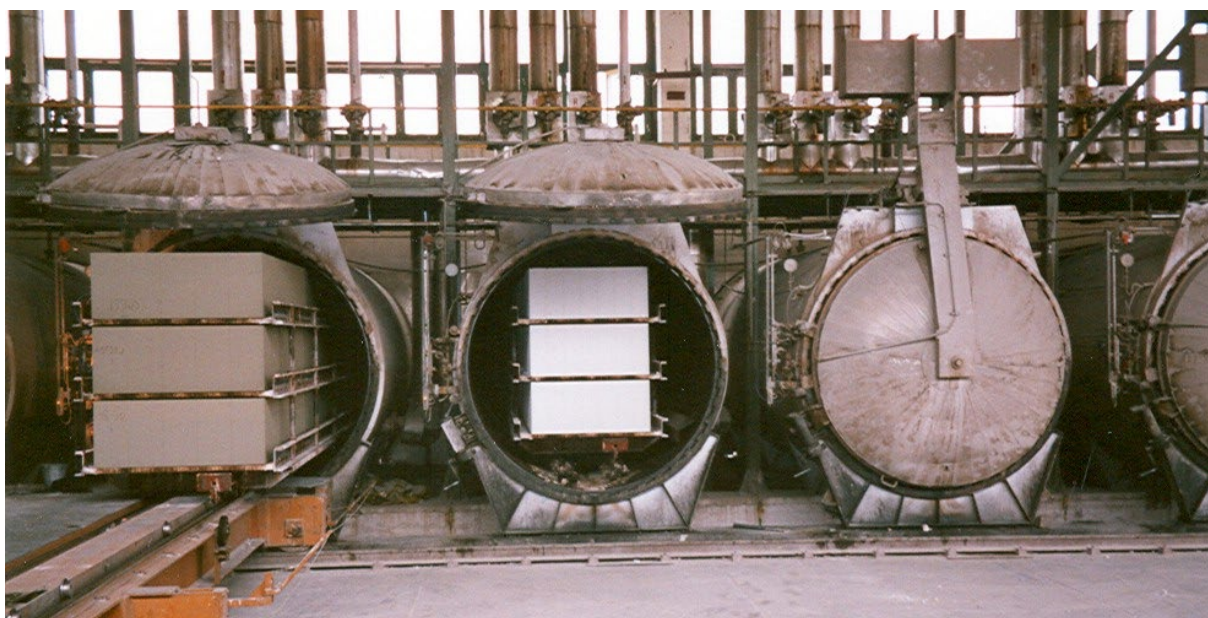
A gázbetongyártás során az öntőformában sejtített és előérlelt gázbetontömböt kiszaluzás és termékméretre való felvágás után autokláválással szilárdítják (*1.5.A34. és 1.5.A35. ábra*). Az autokláválás ideje 10-12 óra, a telített vízgőz-tér nyomása 8-12 bar, hőmérséklete 170-190 °C, amelynek hatására a gázbetonban (pórusbetonban) – annak szilárdságát adó – kalcium-hidroszilikát ásványok alakulnak ki. Ennek során tobermorit ($5\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kristályok is képződnek, amelyek a természetben (például Uzsabányán) és a cementkőben is megtalálhatók.

³⁵ Gróf Lorenzo Romano *Amedeo* Carlo DeMarkus *Avogadro* di Quaregna e di Cerreto (1776, Torino – 1856, Torino) olasz fizikus és kémikus, jogtudományi doktor. 1806-ban a torinói Collegio delle Province korrepetitora, 1809-ben a vercelli gimnázium fizika tanára lett. 1820-ban a Torinói Egyetem matematika-fizika tanszékére hívták meg, ahol – megszakítással – nyugállományba vonulásáig, 1850-ig dolgozott. Az *Avogadro*-törvényt – amely szerint azonos hőmérsékleten és nyomáson a gázok térfogata anyagmennyiségükkel (a részecskék számával) arányos – *Journal de Physique* 72. kötetében 1811-ben tette közzé (*Simonyi* 1978).

³⁶ A 2002. évi mérések szerint az *Avogadro*-szám értéke $6,02214199 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Az *Avogadro*-számmal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy jelenleg tulajdonképpen nem tekinthető alapvető állandónak, mert fogalma a mól fogalmán, ezen belül a kilogramm fogalmán alapszik. A kilogramm az SI mértékegység-rendszer alapegységei közül 2019. május 20 előtt az egyetlen volt, amelyet nem természeti mennyiséggel, hanem mesterséges etalonnal, a Párizs mellett, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, Sèvres-ben őrzött őskilogrammmal határoztak meg (definiáltak). A kilogramm fogalmát a *Planck*-állandóval, a fény vákuumbeli sebességével és a cézium másodpercenkénti rezgésszámával 2019. május 20-án fejezték ki.



1.5.A34. ábra: Autoklávok (Hums, 1987)



1.5.A35. ábra: Rakodás az autoklávokba (Hums, 1987)

Lásd még: Gázbeton, pórusbeton, Könnyűbeton

Autoklávpróba

Az 1953-ban az USA-ban szabványosított (ASTM C 151) autoklávpróba elsősorban a cementben lévő MgO – esetleg CaO, illetve mindkettő – hidratáció alatti duzzadásának (magnéziaduzzadás) vizsgálatára használatos.

Az ASTM C 151/C 151M:2023 szabvány szerinti vizsgálat során a szabványos folyósságú cementpépből készült, 20×20×160 mm (eredetileg: 1”×1”×10”) méretű próbahasábokat 3 órán át ($20,7 \pm 0,35$) atm nyomáson kell autoklávolni. Az autoklávolt próbahasábok laboratóriumi hőmérsékleten meghatározott hosszváltozásának megengedett mértéke az eredeti hosszúsághoz képest az USA-ban 0,5%.

ASTM C 150/C 150M:2024

Ajánlott irodalom: Palotás et al., 2. kötet (1979), Siebel szerk., 3. kötet (1957)

Lásd még: Magnéziaduzzadás, Térfogatállandóság

Avogadro-szám, Avogadro-állandó

Lásd: Anyagmennyiség, Atomtömeg

Avogadro-törvény

Avogadro 1811-ben fogalmazta meg a tökéletes gázokra érvényes törvényét: „Minden gáz azonos térfogatban, azonos nyomáson és azonos hőmérsékleten azonos számú molekulát tartalmaz.” Ez a törvény kimondja, hogy például 1 dm³ 0 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású oxigén-gáz ugyanannyi oxigén-molekulát tartalmaz, mint amennyi szén-dioxid-molekulát az 1 dm³ 0 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású szén-dioxid (*Neumüller szerk.*, 1. kötet, 1981).

Lásd még: Anyagmennyiség, Atomtömeg

Általánosított extrémérték-eloszlás

Angolul: Generalized extreme value distribution, rövidítése: GEV

Németül: Verallgemeinerte Extremwertverteilung

Nevezik általános szélsőérték-eloszlásnak is.

Az általánosítás az extrémérték-eloszlás valószínűségi függvényének olyan transzformációja, amely által a háromparaméteres extrémérték-eloszlások (*Fréchet*-eloszlás és *Weibull*-eloszlás) sűrűségfüggvényének a kevésbé meredek, határpont nélküli ágon lévő nyújtás (zsugorítás) utáni $f_t(t = 0|0;1;c) = 1/e \approx 0,368$ értékű pontja a koordináta-rendszer ordinátatengelyére, míg a kétparaméteres extrémérték-eloszlás (*Gumbel*-eloszlás) sűrűségfüggvényének módusza, amelyhez nyújtás (zsugorítás) után $f_t(t = 0|0;1) = 1/e \approx 0,368$ függvényérték tartozik, a koordináta-rendszer origójába kerül. Az „e” az *Euler*-féle szám, mint matematikai állandó jele, amelynek értéke $e \sim 2,718282$.

Az általánosított extrémérték-eloszlással részletesen könyvünk 1.6.4.3. fejezetében foglalkozunk.

Lásd még: Extrémérték-eloszlás, Standardizálás, *Weibull*-eloszlás

Ásványok keménysége

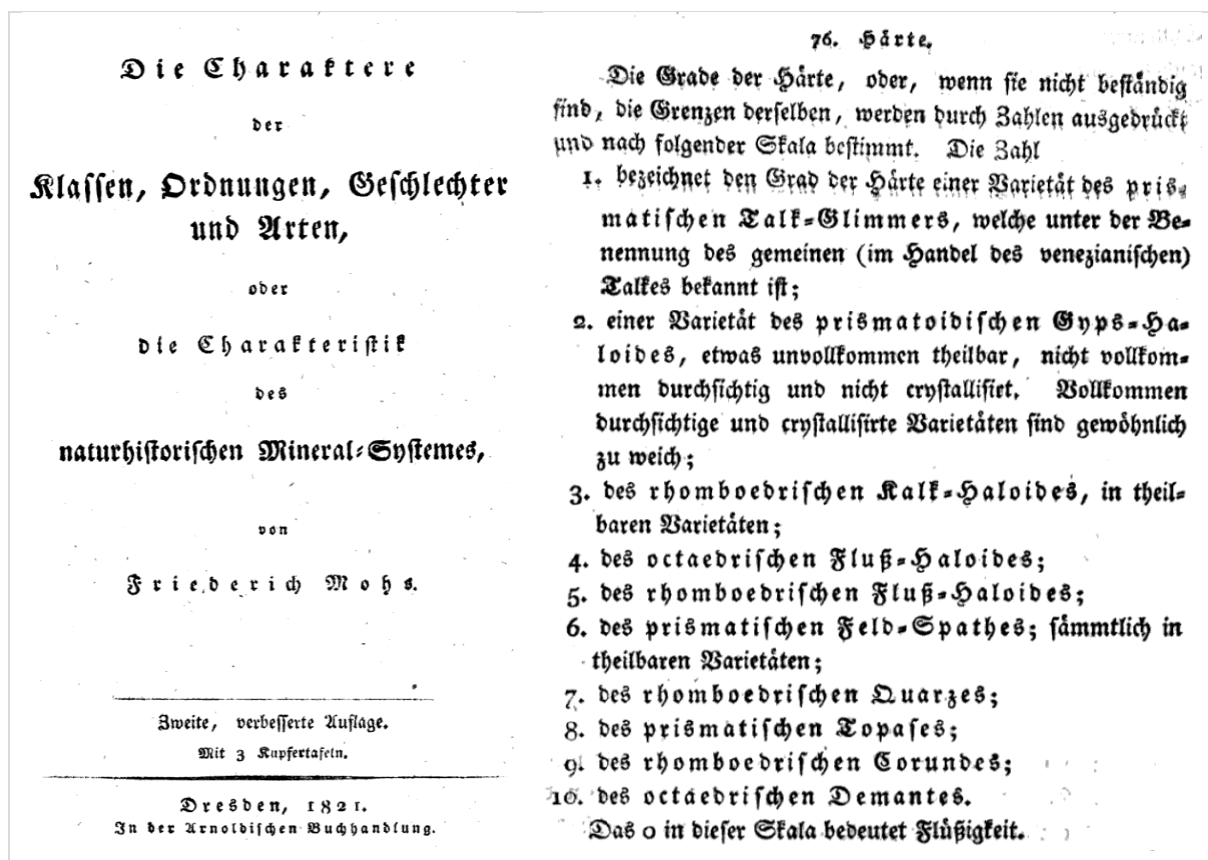
Ásványok karcolási keménységét a *Mohs*-féle keménységgel (*Mohs*-skálával) jellemzik. A *Mohs*-skálát 1812-ben *Friedrich Mohs*³⁷ osztrák mineralógus dolgozta ki (1.5.Á1. és 1.5.Á2. ábra).



Az ábra forrása:
<https://www.zvab.com>

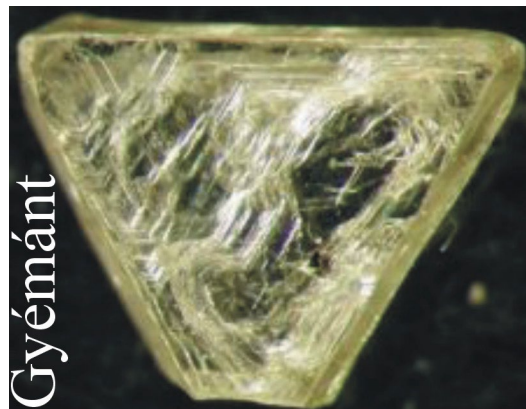
1.5.Á1. ábra: *Friedrich Mohs*: „Die Charaktere der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, oder die Charakteristik des naturhistorischen Mineral-Systems” című könyv, az Arnold Kiadónál, Drezdában 1821-ben megjelent második kiadásának antikvár példánya és a „Classic Reprint Series” sorozatban 2018-ban megjelent reprint kiadása

³⁷ *Friedrich Mohs* (1773, Gerndore, Anhalt-Bernburg – 1839, Agordó, Olaszország) német geológus, mineralógus, az ásványtan professzora. Tanulmányait az Universität Halle és a Bergakademie Freiberg egyetemeken végezte. 1802-ben ásványgyűjtemény rendezésre Bécsbe hívták, Magyarországon és Erdélyben 1802-ben járt. A grazi Universalmuseum Joanneum ásványgyűjteményét az alsó-ausztriai tartományi kormány (Niederösterreichische Landesregierung) megbízásából az 1810-es évek elején hozta létre, ahol 1812-ben az ásványtan professzorává is kinevezték. Ebben az időben dolgozta ki a később róla elnevezett tízfokozatú *Mohs*-féle keménységi skálát (*Mohs*, 1812), amely későbbi munkáiban is helyet kapott (*Mohs*, 1821), (*Mohs*, 1822). 1826-ban bécsi egyetem (Universität Wien) ásványtani rendes egyetemi tanára lett. *Friedrich Mohs* számos tudományos közlemény szerzője, akit az osztrák tudományos ásványtan megalapítójaként tartanak számon. (http://lithes.uni-graz.at/handbuch/mohs_friedrich.html)



1.5.Á2. ábra: A Mohs-skála Friedrich Mohs: „Die Charaktere der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, oder die Charakteristik des naturhistorischen Mineral-Systems” című könyvének az Arnold Kiadónál, Drezdában 1821-ben megjelent második kiadásában

A tíz fokozatú Mohs-féle keménységi skála csak relatív értékeket ad (minden ásvány karcolja a nála puhábbakat), a talk keménysége 1-nek, a gyémánté 10-nek számít (1.5.Á3. ábra).



1.5.Á3. ábra: A Mohs-skála legpuhább és legkeményebb ásványa

A Mohs-skála ásványai a következők (Vendl, 1953), (Hermann et al., 2007):

1. *Talk*, talkum, szteatit, zsírkő, szalonnakő (1.5.Á3. ábra), körömmel is megkarcolható, ugyanakkor karca nyomot hagy a tárgyakon, ezért alkalmazzák szabókrétaként. $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$; víztartalmú magnézium-szilikát (MgSiO_3), kristályalakja egyhajlású, zsíros tapintású, többnyire halványszürke, átlátszó-áttetsző, puha ásvány.
2. *Gipsz* vagy *kőso* (körömmel is megkarcolható):
Gipsz, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; víztartalmú anhidrit (CaSO_4), kristályalakja egyhajlású (1.5.Á4/a ábra), kitűnően hasad, hasadási felülete gyöngyház fényű, többnyire színtelen vagy fehér színű, olykor színes ásvány. Vízen nehezen oldódik.

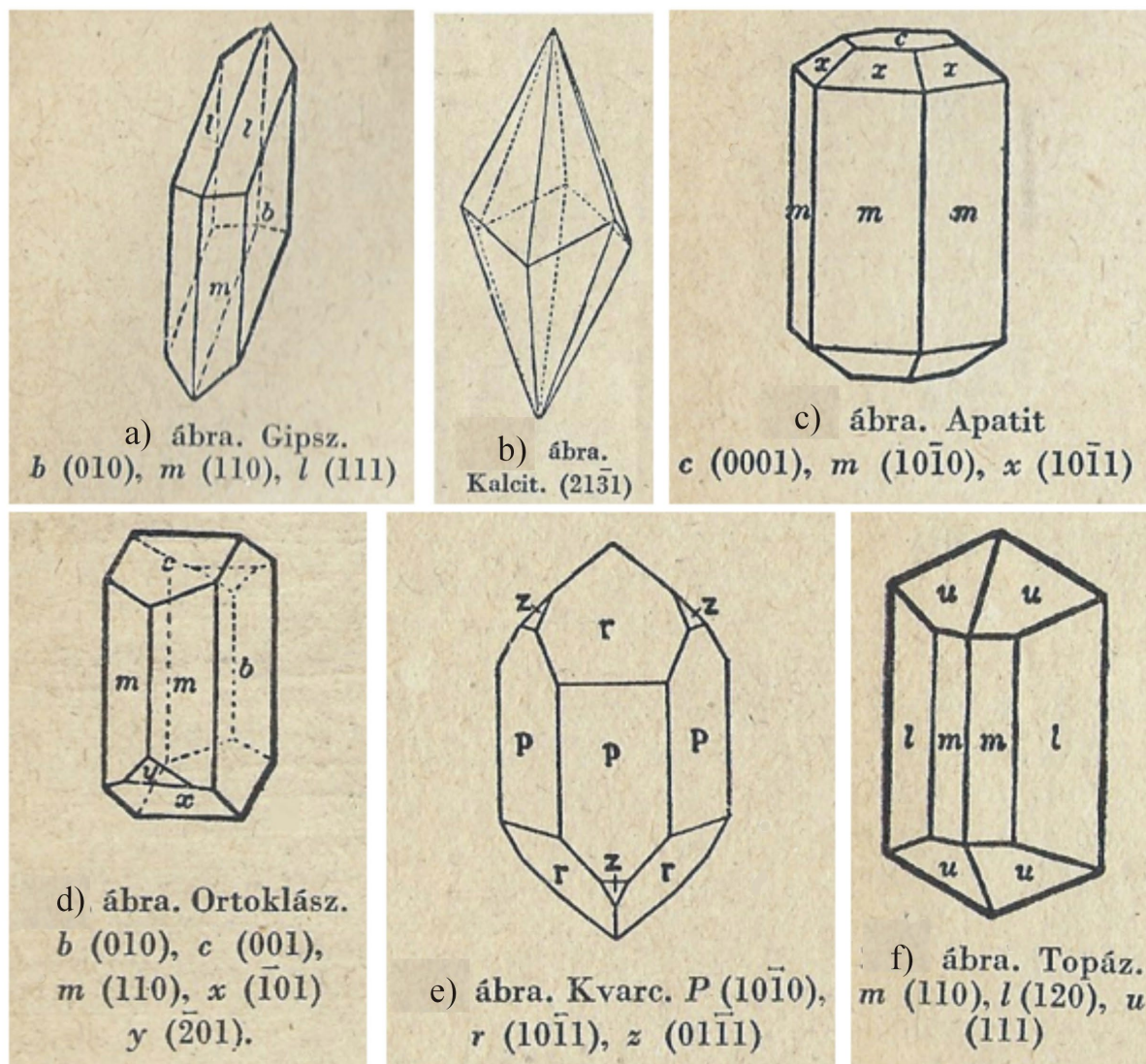
Kősó, NaCl; a haloidok csoportjába tartozó, szabályos kristályalakú, többnyire színtelen vagy fehér színű ásvány.

3. *Kalcit*, mészpát (rézpénzzel megkarcolható). CaCO_3 ; többnyire trigonális kristályalakú (1.5.Á4. / b) ábra), kitűnően hasadó, többnyire fehér színű, olykor színes ásvány. Izzítva égetett mészre (CaO) és szén-dioxidra (CO_2) bomlik. A mészkeő a kohászat, cementipar, építőipar stb. fontos nyersanyaga.
4. *Fluorit*, folyópát (késsel karcolható). CaF_2 ; a haloidok csoportjába tartozó, szabályos, főleg kocka vagy oktaéder kristályalakú, többnyire színtelen, olykor színes, az anyagok (például az üveg) olvadását elősegítő ásvány.
5. *Apatit* (üveggel megkarcolható). $\text{CaF(PO}_4)_3$; fluortartalmú kalciumortofosztát. Hatszöges, vékonyprizmás, tús kristályalakú (1.5.Á4. / c) ábra), többnyire víztiszta, fehér színű, olykor színes ásvány. Vékonycsiszolatban színtelen.
6. *Ortoklász* (az üveget megkarcolja). KAlSi_3O_8 ; a káliföldpátok egyhajlású kristályos módosulata (1.5.Á4. / d) ábra). Jól hasadó, vékonycsiszolatban többnyire átlátszó, a kőzetekben általában jól kifejezett kristályok alakjában megjelenő, ezért szabad szemmel is könnyen felismerhető ásvány.
7. *Kvarc* (az üveget és a földpátokat, ortoklászt megkarcolja). SiO_2 ; az egyik legelterjedtebb ásvány, trigonális rendszerben kristályosodik (1.5.Á4. / e) ábra). Színtelen vagy színes, vékonycsiszolatban átlátszó, rideg, kagylós vagy egyenetlen törésű, kopásnak jól ellenálló, nem málló ásvány. Kopásállósága folytán a folyók hordalékának jelentős összetevője. A kvarc futóhomokként szárazon ugyanígy ellenáll a kopásnak és mállásnak.
8. *Topáz* (az üveget és a kvarcot megkarcolja). $\text{Al}_2\text{F}_2\text{SiO}_4$; kristályalakja rombos prizmás (1.5.Á4. / f) ábra). Tökéletesen hasadó, üvegfényű, színtelen vagy színes ásvány. Az élénk színű módosulatai elterjedt drágakövek.
9. *Korund* (az üveget és a topázt megkarcolja). Al_2O_3 ; ditrigonális alakban kristályosodó, színtelen és áttetsző, de gyakran színes, üvegfényű, tökéletlenül hasadó, kagylós törésű ásvány. Színtelen változata a természetben ritkán fordul elő. Nagy keménysége folytán tartós és ellenálló drágakő, illetve ipari nyersanyag.
10. *Gyémánt* (a legkeményebb valamennyi ásvány között). C; a szén három eltérő allotrop módosulatának egyike (1.5.Á3. ábra). Rendkívül kemény és rideg. Nagyon régóta ismert, de csak a XVIII. század végén mutatták ki, hogy a szén egyik allotrop módosulata. További allotrop módosulatai a grafit és a fullerének.

Allotrop átalakulás: A kémiai reakciók egy speciális fajtája, amikor az elem egyik *allotrop* módosulata átalakul a másikká; például, amikor a grafit igen nagy nyomáson gyémánttá alakul.

A fullerének az elemi szén XX. század végén felfedezett és előállított mesterséges módosulatai. A fullerének meghatározott, páros számú (60, 72, 84 stb.) szénatomból álló „szénmolekulák”. A leggyakoribb fullerénmolekula hatvan szénatomot tartalmaz (buckminsterfullerén, C_{60}) (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Fullerének>).

A *Mohs*-skálában megnevezik a karcoló ásványok kristályalakját, ezért nem érdektelen azok rendjét röviden, néhány példán keresztül áttekinteni (1.5.Á4. ábra).



1.5.Á4. ábra: Példák a *Mohs*-skála néhány ásványának kristályalakjára (*Vendl*, 1953). Az ábrákon zárójelben a kristály lapjait jelölő *Miller*³⁸-féle jelek (*Miller*-indexek) láthatók, amelyek rendszere az irodalomból (például: *Vendl*, 1953) megismerhető.

Tudni illik, hogy a kőzetek keménysége az alkotó ásványok keménységétől és egymáshoz való kapcsolódási módjától függ. A gyakorlati szempontból kemény kőzetek legalább hatos keménységű ásványokból állnak, tömött szövetszerkezetűek, kalapácsütésre csengő hangot adnak, lepattanó szilánkjaik élesek; a puha kőzetek lágy ásványokból állnak, szövetszerkezetük laza, kalapácsütésre tompa hangon konganak, kevésbé érdes vagy nem éles szilánkos darabokra törnek. (*Vendl*, 1953)

Lásd még: Keménység, <http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>

³⁸ *William Hallows Miller* (1801, Velindre – 1880, Cambridge) angol mineralógus, fizikus, a kristálytan kutatója. *Miller* a Cambridge-i Egyetem St John's College-ban tanult, ahol 1826-ban diplomázott, majd 1829-ben elhelyezkedett, és 1832-ben az ásványtan professzora lett; a professzori állást 1870-ig töltötte be. A kristálylapok egyértelmű jelölésének rendszerére 1839-ben tett javaslatot. 1860-ban a Göttingeni Tudományos Akadémia külső tagjává választották. *William Hallows Miller* 1839-ben megjelent „A Treatise on Crystallography” című értekezését a Forgotten Books kiadó reprint kiadásban többször kiadta.

Átadás-átvételi vizsgálat

Független laboratórium vagy a megrendelő laboratóriuma által (többnyire a gyártó bevonásával, illetve tudtával), az átadás-átvétel folyamán végzett azonosító vizsgálat annak megállapítására, hogy a beton a gyártó által megadott nyomószilárdsági osztálynak megfelel-e (MSZ EN 206:2013+A2:2021).

Lásd még: Nyomószilárdság azonosító vizsgálata

Átalakulási ábra

Lásd. Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Átalakulási hőmérséklet

Átalakulási hőmérsékletnek azokat a hőmérséklethatárokat nevezik, amelyeken a vas kristályszerkezetének alakja megváltozik.

Az átalakulási hőmérséklet az MSZ EN 10052:1995 szabvány szerint az a hőmérséklet, amelyen a fázisátalakulás végbemegy, és ennek kiterjesztésével olyan hőmérsékletek, amelyeken az átalakulás megkezdődik és befejeződik, ha az átalakulás adott hőmérséklet-tartományban játszódik le.

A színvas 1538 °C olvadáspontja és az $A_4 = 1394$ °C átalakulási hőmérséklet között a vaskristályok szabályos rendszerbeli, térben középpontos kockarácsúak. E hőmérséklet-tartományban kialakult vasmódosulat neve: δ -vas.

Az $A_4 = 1394$ °C és $A_3 = 912$ °C átalakulási hőmérséklet között a vaskristályok szabályos rendszerbeli, felületen középpontos rácsalakúak (angolul: fcc, face-centered cubic; németül: kubisch-flächenzentrierte Gitter-Modifikation). E hőmérséklet-tartományban kialakult vasmódosulat neve: γ -vas. A γ -vas szövetelemének neve: *ausztenit*.

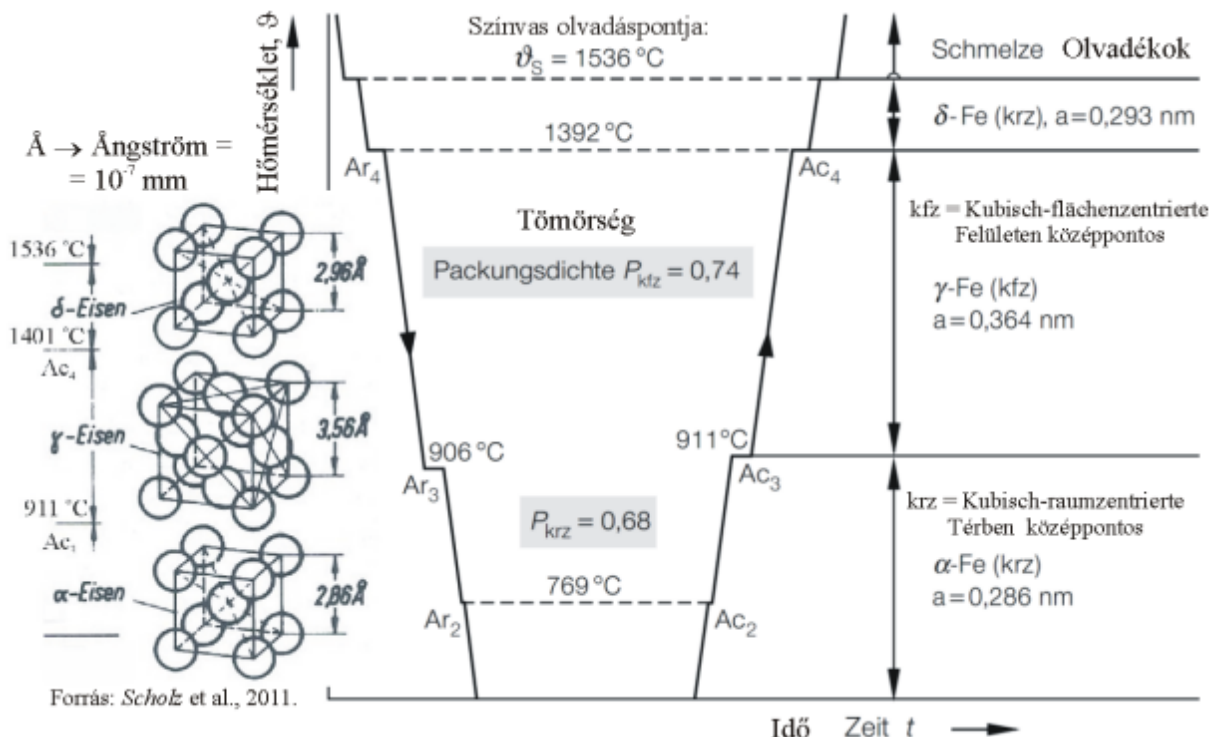
Az $A_3 = 912$ °C átalakulási hőmérséklet alatt a vaskristályok ismét térben középpontos kockarácsúak (angolul: bcc, body-centered cubic; németül: kubisch-raumzentrierte Kristallstruktur). Szobahőmérsékleten a vas módosulatának neve: α -vas.

$A_3 = 912$ °C hőmérséklet alatt az α -vas kristályszerkezete már nem alakul át; a vas $A_2 = 769$ °C hőmérséklet (*Curie*³⁹-pont) alatt ugyan ferromágnessé válik, de sem ez, sem a fizikai tulajdonságok $A_1 = 727$ °C hőmérsékleten végbemenő változása nem átalakulás. Szobahőmérsékleten a vas szintén térben középpontos kockarácsú, csak a rácselem élei rövidültek meg 2,96 Å-ről 2,86 Å-re a hűtés okozta zsugorodás következtében. (Óvári szerk., 1985)

A δ -vas és az α -vas rácsszerkezete egymással megegyezik, fizikai tulajdonságaik lényegében egyformák. A vasnak tehát voltaképpen csak két módosulata van: α -vas és γ -vas. Átalakulási hőmérsékletnek a kristályszerkezet átalakulási határállapotához tartozó A_4 és A_3 hőmérsékletet nevezzük. (Óvári szerk., 1985)

³⁹ Pierre Cienier Curie (1859, Párizs – 1906, Párizs) francia fizikus, kémikus, fizikai Nobel-díjas (1903). Diplomát a Sorbonne-on szerzett, majd a párizsi L'Ecole de Physique et Chimie tanára volt. Miután 1903-ban a radioaktivitás felfedezéséért feleségével, Maria Curie-vel (1867-1934, leánykori nevén Maria Skłodowska-val, kétszeres Nobel-díjas) és Antoine Henri Becquerel (1852-1908) francia fizikussal közösen megkapta a fizikai Nobel-díjat, a Sorbonne tanszékvezető egyetemi tanára lett. A Francia Akadémia (Académie Française) 1905-ben választotta tagjai sorába. Eleinte a kristályok fizikáját tanulmányozta, majd érdeklődése mind inkább a mágnesesség tulajdonságainak vizsgálata felé fordult. Felismerte, hogy a ferromágneses rend az adott anyagra jellemző hőmérsékleten – ez a róla elnevezett Curie-pont – felbomlik, és a ferromágneses anyag paramágnesessé alakul. Megjegyzés: Az 1935-ben férjével a mesterséges radioaktivitás felfedezéséért kémiai Nobel-díjat kapott Irène Joliot-Curie francia tudós, atomfizikus (1897-1956) a Pierre Cienier Curie – Marie Curie házaspár leánya.

Az átalakulási hőmérséklet attól is függ, hogy a hőmérséklet-változás hűtés vagy hevítés következménye. A hűtési átalakulási hőmérséklet jele Ar ($A \rightarrow$ franciául: arrêt, németül: Stillstand = nyugalmi állapot; $r \rightarrow$ franciául: refroidissement, németül: Haltepunkt beim Abkühlen = hőmérséklet-hűtés), a hevítési átalakulási hőmérséklet jele: Ac ($c \rightarrow$ franciául: chauffage, németül: Haltepunkt beim Erwärmen = hőmérséklet-hevítés). (1.5.Á5. ábra).



1.5.Á5. ábra: A színvas hűtési és hevítési diagramja és a vasmódosulatok kristályalakja (Bargel et al., 2005), (Scholz et al., 2011)

Lásd még: Vas-szén ötvözetek, Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Áteresztés

A két méternél kisebb nyílású áthidaló műtárgy: áteresztés; a két méternél nagyobb nyílású áthidaló műtárgy: híd (1988. évi I. tv. 47. § j. pont).

Áteresztőképesség

Lásd: Permeabilitási együttható

Átfarmálási idő

Lásd: VEBE mérték

Átlag, átlagérték, számtani átlag

A várható érték elnevezése, ha nem elméleti, hanem tapasztalati érték. A mindennapok gyakorlatából ismert fogalom. Jele például: $\bar{x}$

Lásd még: Várható érték

Átlagos kimenő hibaszint, AOQ

(MSZ ISO 2859-1:2008, MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016, MSZ 247-1:1977 visszavont)

Angolul: Average Outgoing Quality (AOQ)

Németül: Mittlerer Durchschlupf eines Stichprobenplanes

Az AOQ átlagos kimenő hibaszint a minőségellenőrzés szerint megfelelőnek vélt termékek tényleges hibaaránya (p alulmaradási hányada) várható mértékének mutatószáma, más értelemben az OC-görbe p szerint transzformált alakja.

Az AOQ átlagos kimenő hibaszintről részletesebben könyvünk 1.6.1.2. fejezetében lehet olvasni.

Lásd még: Átlagos kimenő hibaszint határa, Átvételi hibaszint, Minőségellenőrzési hibaszintek, OC-görbe, Visszautasítási hibaszint

Átlagos kimenő hibaszint határa, átlagos kimenő minőségi határérték, legnagyobb átlagos kimenő hibaszint, AOQL

(MSZ ISO 2859-1:2008, MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016, MSZ 247-1:1977 visszavont)

Angolul: Average Outgoing Quality Limit (AOQL)

Németül: Maximaler mittlere Durchschlupf eines Stichprobenplanes

Az átlagos kimenő hibaszint határnak vagy átlagos kimenő minőségi határértéknek (AOQL) az AOQ-görbe legnagyobb értékét nevezik (legnagyobb átlagos kimenő hibaszint), amely az OC-görbe inflexió pontjának függőlegesében jelenik meg.

Az AOQL átlagos kimenő hibaszint határról részletesebben könyvünk 1.6.1.3. fejezetében lehet olvasni.

Lásd még: Átlagos kimenő hibaszint, Átvételi hibaszint, Minőségellenőrzési hibaszintek, OC-görbe, Visszautasítási hibaszint

Átmenetifémek

Az átmenetifémek a periódusos rendszer középső mezejében az alkáliföldfémek és a földfémek csoportja között helyezkednek el. Az átmeneti fémeket az jellemzi, hogy vegyértékhéjuk telítetlen, és a kötésben nem csak a vegyértékhéjon található vegyértékelektronok, hanem a belső héjon mozgó elektronok is képesek részt venni (Krenkler, 1980).

Építőanyagtan szempontból fontos átmenetifém a vanádium (V), króm (Cr), molibdén (Mo), wolfram (W), mangán (Mn), vas (Fe), nikkel (Ni), réz (Cu), cink (Zn).

Lásd: Fémek, Vegyértékhéj, vegyértékelektron

Átmeneti hőmérséklet

Lásd: Acél szívóssága

Átvételi hibaszint, elfogadási minőségi határérték, elfogadási minőségi szint, elfogadható minőségi szint, AQL

(MSZ ISO 2859-1:2008, MSZ ISO 2859-1:1999/Amd 1:2020, MSZ ISO 2859-10:2007 visszavont, ISO 3534-2:2006, ISO 3951-1:2013, DIN 40080:1979, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 247-1:1977 visszavont, MSZ 4798:2016)

Angolul: AQL Acceptance quality level

Németül: annehmbare Qualitätslage, Gutgrenze

Az átvételi hibaszint (AQL) az eltűrhető legrosszabb folyamatátlag minőség szintje az átvételi mintavételre bocsátott tételek egy folyamatos sorozatában (MSZ ISO 2859-1:2008, ISO 3534-

2:2006, DIN ISO 3534-2:2013). A szabványok ajánlotta AQL-értékek a következők: 0,010; 0,015; 0,025; 0,040; 0,065; 0,10; 0,15; 0,25; 0,40; 0,65; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,5; 10 stb. Az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerint az AQL értéke nem haladhatja meg a 10%-ot.

A visszavont MSZ 247-1:1977 szabvány szerint az átvételi hibaszint (AQL) egyedi tétel esetén az a megengedett legnagyobb hibaszint, illetve sorozat-tételek esetén az a megengedett legnagyobb átlaghibaszint, amely a termék átvétele céljából még megfelelő. Az átvevő kockázatának meghatározásához adott mintavételi ellenőrzési terv esetén a terv jelleggörbét (OC-görbét) kell felhasználni, vagy ha az indokolt, ki kell számítani az AOQL átlagos kimenő hibaszintet.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázata – hivatkozva az ISO 3951-1:2013 szabványra – $AQL = 4\%$ átvételi hibaszinten adja meg a száltartalomra, a betontestsűrűsége, a legnagyobb víz-cement tényezőre és a legkisebb cementtartalomra vonatkozó átvételi számokat a vizsgálati eredmények számának függvényében, 100 vizsgálati eredményig.

Az AQL átvételi hibaszintről részletesebben könyvünk 1.6.1.4. fejezetében lehet olvasni.

Lásd még: Átlagos kimenő hibaszint, Átlagos kimenő hibaszint határa, Minőségellemzőzési hibaszintek, OC-görbe, Visszautasítási hibaszint

Átvételi szám

Angolul: Acceptance number

Németül: Annahmezahl

Az átvételi szám a vizsgálati minta nem megfelelő elemeinek a megengedett száma (A_c) az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerint (*Rinne et al.*, 1995).

Jele: A_c (MSZ ISO 2859-1:2008), c , $k_{\text{megengedett}}$

Lásd: Egy-, két-, többlépcsős (egy-, két-, többfokozatú) mintavétel

Bacilus és baktérium

A bacilusoknak a kifejezetten pálcika alakú baktériumokat nevezik. Ilyenek a beton kénsav-korróziójában szerepet játszó kénbacilusok, például a thiobacilus.

Az olajfaló baktériumok a szennyezőanyagok, például az olaj, illetve a klór-, a kén-, a ciántartalmú szerves anyagok lebontására képesek.

Ismert a polietilén-tereftalát polimert lebontó PET-faló baktérium, vagy a szénhidrogén szennyezettséget csökkentő CH-faló baktérium stb.

Lásd még: Biogén kénsav okozta korrózió

Baumann-Gully-féle savassági fok

A Baumann-Gully-féle savassági fok a talajok humusz-összetevője által leadni képes cserélhető hidrogénion-tartalomnak a mérőszáma. A töretlen részminta áthullott mennyiségéből ($100 \pm 0,1$) g tömegű adagot 200 ml térfogatú, 1 mol/liter töménységű nátrium-acetát (CH_3COONa) oldattal kell vegyíteni, és a lezárt üveg edényt 1 órán át kell rázatni vagy mágneses keverővel keverni. Ennek hatására az ioncsere folytán ecetsav képződik. A szilárd részeket 5 percen át hagyni kell ülepedni. A szuszpenzióknak először a folyadék részét, azután a kiülepedett szilárd részét át kell szűrni egy száraz, redős szűrőn keresztül, átmosás nélkül, egy *Erlenmeyer*⁴⁰-

⁴⁰ *Richard August Carl Emil Erlenmeyer* (1825, Wehen – 1909, Aschaffenburg) német kémikus, gyógyszerész, aki a felül hengeresen végződő csonka kúp alakú üvegedényt 1861-ben megalkotta. Az üvegedény szűk nyaka forraláskor csökkenti a párolgási veszteséget. *Emil Erlenmeyer* 1868-1883 között a Münchener Politechnikai Iskola kémia professzora volt.

lombikba. A szűrlet egy ismert részét (kerek számú hányadát) öt csepp fenolftalein indikátor hozzáadása mellett titráljuk nátrium-hidroxiddal, halvány rózsaszín szín megjelenéséig. A *Baumann-Gully*-féle savassági fok az ecetsav semlegesítéséhez elhasznált 0,1 mol/liter koncentrációjú nátrium-hidroxid (NaOH) mennyiségét fejezi ki ml/(légszáraz talaj kg) mértékegységben. (DIN 4030-2:2008), (*Iken et al.*, 2012), (*Gessner*, 1928), (*Kausay*, 2013).

Lásd még. Savassági fok, Titrálás

Bauxitbeton, bauxitcement

A bauxitbeton kötőanyaga az aluminátcementek fajtájába tartozó bauxitcement, amelynek legfőbb nyersanyaga a mészkő és a bauxit. Magyarországon bauxitcementet a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. Tatabánya-Felsőgallán gyártott, amelyet „Citadur bauxitcement” néven 1928-ban kezdtek forgalmazni.

Mint hogy a bauxitcement elsődlegesen létrejövő és nagy kezdőszilárdságot biztosító hidratációs termékei instabilak, és idővel stabil vegyületekké alakulnak át, miközben a cementkő porozitása növekszik és ennek következtében a bauxitbeton szilárdsága jelentősen lecsökken, a felsőgallai „Citadur bauxitcement” gyártását 1942-ben csökkentették, 1949-ben pedig végleg megszüntették, így bauxitbetont Magyarországon 1950-ig, legfeljebb 1954-ig készítettek. (*Balázs*, 1994), (<http://www.betonopus.hu/notesz/bauxitbeton.pdf>)

Az aluminátcementeket szokványos építési célra nem szabad használni, alkalmazási területük a tűzállóhabarcs, tűzállóbeton.

A hazánkban talált bauxitbetont tartalmazó épületek jegyzéke az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kft. weboldalán olvasható: https://emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/bauxitbeton_epuletek.html

Lásd még: Aluminátcement, Kalcium-aluminát cement, Talajvizek betonra káros hatása, <https://www.betonopus.hu/notesz/bauxitbeton.pdf>

Bayes-féle megközelítés

Angolul: Bayesian approach (ISO 12491:1997)

Németül: Bayes'scher Ansatz

A *Bayes*⁴¹-féle megközelítés a *Bayes*-tételen alapuló matematikai statisztikai módszer, amely lehetővé teszi a vizsgált adathalmaz eloszlási paramétereivel kapcsolatos, a felhasználó által jellegzetesnek és elfogadhatónak tartott korábbi ismeretek figyelembevételét. Ezek az előzetes ismeretek képezik az úgynevezett előzetes, „a-priori eloszlást”. A jelenlegi minták adataiból kapott vizsgálati eredmények eloszlása az „a-priori eloszlással” kombinálva az úgynevezett utólagos, „a-posteriori eloszlást” eredményezi. (ISO 12491:1997), (*Plate*, 1993), (*Hartung et al.*, 2009), (*Loch*, 2014)

Ha tehát egy ismert alakú eloszlásfüggvény ismeretlen paraméterét akarjuk megbecsülni olyan esetben, amikor a paraméter maga is valószínűségi változó, és annak eloszlásfüggvénye („a-priori eloszlás”) a korábbi mérésekből ismert, akkor a *Bayes*-tétel segítségével meghatározhatjuk a paraméter feltételes eloszlását („a-posteriori eloszlást”) azon feltétel mellett, hogy a mintaelemek éppen a kísérleti mért értékekkel egyeznek meg. A paraméterre vonatkozó legjobb becslésnek a legnagyobb „a-posteriori” valószínűségű paraméterértéket tekintjük (*Farkas M.*, főszerkesztő, 1979).

⁴¹ *Thomas Bayes* (1701, London – 1761, Royal Tunbridge Wells) angol matematikusról és presbiteriánus prédikátor, a kenti Mount Sion kápolna lelkésze. 1719-től az Edinburgh-i Egyetemen logikát és teológiát hallgatott. 1742-ben a Royal Society tagjává választották. Utolsó éveiben valószínűségszámítással foglalkozott. Nevéhez kötődik a *Bayes*-tétel megfogalmazása, amelyet ő maga sosem publikált, csak halála után jegyzeteiből szerkesztette és adta ki barátja, *Richard Price* (https://hu.wikipedia.org/wiki/Thomas_Bayes).

A jellegzetes és elfogadható előzetes eloszlás („a-priori eloszlás”) kiválasztásának szabályai például *Box et al. (1973)*, *Plate (1993)*, *Berger (1985)* munkájában megtalálhatók (*Loch, 2014*). Ha a jellegzetes és elfogadható előzetes eloszlás („a-priori eloszlás”) nem ismert, akkor a keresett paraméter feltételes eloszlása („a-posteriori eloszlása”) p alulmaradási hányadhoz (kvantilishez) tartozó x_p valószínűségi változójának (küszöbértékének, jellemző értékének (karakterisztikus értékének) képlete normális-eloszlás esetén *Bayes* szerint (ISO 12491:1997), (*Loch, 2014*):

$$x_p = \bar{x} - t_n \times s \times \sqrt{\frac{n+1}{n}} = \bar{x} \times \left(1 - t_n \times \frac{s}{\bar{x}} \times \sqrt{\frac{n+1}{n}}\right), \text{ ahol}$$

$\bar{x}$ = a kísérleti mért értékek átlaga,

t_n = a *Student*-tényező (lásd *könyvünk 20.1.4.1. táblázatát*),

s = a kísérleti mért értékek szórása,

$s/\bar{x} = V$ = a variációs tényező, azaz relatív szórás

n = a mintaelemszám

Ezt a *Bayes*-féle megközelítést alkalmazza az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D1. táblázata (1.5.B1. táblázat) „ V ismeretlen” variációs tényező (variációs együttható), azaz ismeretlen előzetes „a-priori” átlag és szórás esetén a $p = 5\%$ -os alulmaradási hányadhoz tartozó alulmaradási tényező ($k_{n, \text{ismeretlen}}$) meghatározásához (ISO 12491:1997), (*Loch, 2014*):

$$k_{n, \text{ismeretlen}} = t_n \times \sqrt{\frac{n+1}{n}},$$

amely esetben a jellemző érték (karakterisztikus érték) összefüggése:

$$x_p = \bar{x} \times (1 - k_{n, \text{ismeretlen}} \times V_{\text{ismeretlen}}) = \bar{x} - k_{n, \text{ismeretlen}} \times s$$

Például ismeretlen előzetes „a-priori” átlag és szórás, valamint $n = 3$ mintaelemszám és $t_{n=3} = 2,920$ értékű *Student*-tényező esetén a *Bayes*-féle megközelítéssel vett alulmaradási tényező:

$$k_{n, \text{ismeretlen}} = t_n \times \sqrt{\frac{n+1}{n}} = 2,920 \times \sqrt{\frac{4}{3}} = 2,920 \times 1,154701 = 3,372$$

vagy például ismeretlen előzetes „a-priori” átlag és szórás, valamint $n = 5$ mintaelemszám és $t_{n=5} = 2,132$ értékű *Student*-tényező esetén a *Bayes*-féle megközelítéssel vett alulmaradási tényező:

$$k_{n, \text{ismeretlen}} = t_n \times \sqrt{\frac{n+1}{n}} = 2,132 \times \sqrt{\frac{6}{5}} = 2,132 \times 1,095445 = 2,335$$

Ha a korábbi mérésekből az előzetes „a-priori” átlag és szórás ismert, akkor a *Bayes*-féle megközelítés szerint az „a-priori” *Student*-féle t -eloszlás a *Gauss*-féle normális-eloszlásba megy át (*Vincze I., 1968*), és a t_n *Student*-tényező $t_{n=\infty}$ értéket, $p = 5\%$ alulmaradási hányad esetén $t_{n=\infty} = 1,645$ értéket vesz fel (ISO 12491:1997). Ez a magyarázza az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D1. táblázatának (1.5.B1. táblázat) a „ V ismert” variációs tényezőhöz (variációs együtthatóhoz) tartozó, azaz ismert előzetes „a-priori” átlag és szórás esetén a $p = 5\%$ -os alulmaradási hányadhoz tartozó alulmaradási tényező ($k_{n, \text{ismert}}$) értékét (*Loch, 2014*):

$$k_{n, \text{ismert}} = t_{n=\infty} \times \sqrt{\frac{n+1}{n}} = 1,645 \times \sqrt{\frac{n+1}{n}},$$

amely esetben a jellemző érték (karakterisztikus érték) összefüggése:

$$x_p = \bar{x} \times (1 - k_{n, \text{ismert}} \times V_{\text{ismert}}) = \bar{x} - k_{n, \text{ismert}} \times s$$

Például ismert előzetes „a-priori” átlag és szórás, valamint $n = 3$ mintaelemszám esetén a *Bayes*-féle megközelítéssel vett alulmaradási tényező:

$$k_{n,\text{ismert}} = 1,645 \times \sqrt{\frac{n+1}{n}} = 1,645 \times \sqrt{\frac{4}{3}} = 1,645 \times 1,154701 = 1,899$$

vagy például ismert előzetes „a-priori” átlag és szórás, valamint $n = 5$ mintaelemszám esetén a Bayes-féle megközelítéssel vett alulmaradási tényező:

$$k_{n,\text{ismert}} = 1,645 \times \sqrt{\frac{n+1}{n}} = 1,645 \times \sqrt{\frac{6}{5}} = 1,645 \times 1,095445 = 1,802$$

1.5.B1. táblázat: A k_n alulmaradási tényező normális-eloszlás feltételezésével számított értékei az 5%-os jellemző érték (karakterisztikus érték) meghatározásához Bayes-féle megközelítéssel az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D1. táblázatában

Próbatestek száma, n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
<i>Student</i> -tényező, t_n	–	6,314	2,920	2,353	2,132	2,015	1,895	1,833	1,729	1,699	1,645
„ V ismert”	$k_{n,\text{ismert}}$										
	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
„ V ismeretlen”	$k_{n,\text{ismeretlen}}$										
	–	–	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64
Megjegyzés (Kausay, 2013), (http://www.betonopus.hu/mmk-beton-konyv.pdf): – a „V ismert” sor k_n adatait $(n/(n+1))^{0,5}$ tényezővel megszorozva, minden szorzat eredménye – a kerekítési eltérésektől eltekintve – 1,645, amely a Gauss-eloszlás 5%-os alulmaradási hányadhoz tartozó alulmaradási tényezője. – a „V ismeretlen” sor k_n adatait $(n/(n+1))^{0,5}$ tényezővel megszorozva, minden szorzat eredménye – a kerekítési eltérésektől eltekintve – az n próbatest számhoz tartozó <i>Student</i>-tényezőt adja. – ha $n \rightarrow \infty$, akkor $(n/(n+1))^{0,5} \rightarrow 1,0$.											

Lásd még: Bayes-tétel, Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Ismeretlen relatív szórás, Ismert relatív szórás, *Student*-tényező, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

Bayes-tétel

A Bayes-tétel legegyszerűbb formája szerint a jelenlegi „B” feltétel mellett bekövetkezett előzetes „A” eseménnyel kombinált „a-posteriori esemény” $P(A|B)$ feltételes valószínűsége úgy aránylik a jelenlegi „B” esemény előzetes „A” feltétel melletti $P(B|A)$ feltételes valószínűségéhez, ahogy az előzetes „A” „a-priori esemény” $P(A)$ valószínűsége aránylik a jelenlegi „B” esemény $P(B)$ valószínűségéhez (Lehn et al., 2006):

$$\frac{P(A|B)}{P(B|A)} = \frac{P(A)}{P(B)}, \quad \text{azaz } P(A|B) = \frac{P(B|A) \times P(A)}{P(B)}$$

A Bayes-tétel teljes eseményrendszerre kiterjesztett alakja (Farkas M., főszerkesztő, 1979), (Loch, 2014):

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i) \times P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(B|A_j) \times P(A_j)}$$

Lásd még: Bayes-féle megközelítés

Bázikus kohósalak

Lásd: Kohósalak bázikussága

Bázikus pernye

Angolul: Calcareous fly ash

Németül: Kalkreiche Flugasche

A bázikus pernye a barnaszén tüzelésű erőművek égési maradéka, puccolános vagy rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú por. Kémiai összetétele: 10-15 tömeg% reakcióképes CaO, legalább 25 tömeg% reakcióképes SiO₂, továbbá Al₂O₃, Fe₂O₃ és egyéb összetevők. (*Benedix*, 2008)

A cementgyártásra alkalmas bázikus pernye reakcióképes (aktív) mész-tartalma (kalcium-oxid-tartalma, CaO-tartalma) legalább 10 tömeg%. Ha a bázikus pernye reakcióképes kalcium-oxid-tartalma 10-15 tömeg% között van, akkor legalább 25 tömeg% reakcióképes szilícium-dioxidot (SiO₂) kell tartalmaznia. A 30 tömeg% bázikus pernyét és 70 tömeg% referencia cementet tartalmazó pépen az MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerint, a *Le Chatelier*-féle gyűrűvel meghatározott tágulás (duzzadás) nem lehet nagyobb, mint 10 mm. (MSZ EN 197-1:2011),

Jele: W

Lásd még: Mész-modulus, Pernye, Savanyú pernye

Bázisállandó

A bázisok erősségét kifejező K_B disszociációs egyensúlyi bázisállandó alakja az oldat koncentrációjának (c) függvényében a következő:

$$K_B = \frac{c[\text{OH}^-] \cdot c[\text{BH}^+]}{c[\text{B}]}$$

ahol:

$c[\text{OH}^-]$ = hidroxidion-koncentráció, mol/dm³

$c[\text{BH}^+]$ = a protolizált (a hidroxidionokat leadott) bázis koncentrációja (a BH⁺ kation, azaz a bázisgyök koncentrációja), mol/dm³

$c[\text{B}]$ = bázis-koncentráció (a BH⁺ kation tartalmú bázis koncentrációja), mol/dm³

Az irodalomban előfordul, hogy a szögletes zárójelek helyett gömbölyű zárójeleket, a BH⁺ helyett HB⁺ jelölést alkalmaznak.

Lásd még: Bázisexponens, Disszociációs egyensúlyi állandó, Oldódásos betonkorrozó, Savállandó

Bázisanhidrid

Bázisanhidridnek (anhidrid = vízmentes) a fémoxidokat (fémek oxidjait) nevezzük. Bázisanhidrid például a kalcium-oxid: CaO. (*Gróh*, 1940)

A kisebb vegyértékű fémoxidok bázisos jellegűek, a három vegyértékűek amfoterek, a nagyobb vegyértékű fémoxidok pedig savas jellegűek.

Lásd még: Savanhidrid, Amfoterek

Bázisexponens

A bázisexponens (pK_B) a bázisállandó (K_B) negatív tízes alapú logaritmus (a $pK_B = -\log_{10} K_B$). (*Neumüller* szerk., 3. kötet, 1983)

Lásd még: Bázisállandó, Oldódásos betonkorrozó, Savexponens

Bázisgyök

A bázisnak a hidroxil-csoport ($\text{n} \cdot \text{OH}^-$), azaz a hidroxidionok leválás utáni része, pozitív töltésű kation.

Bázisok

Bázisok a fémek (fémes elemek) és hidroxilgyök alkotta vegyületek. Bázis például a kalcium-hidroxid: Ca(OH)_2 .

Mind a bázisok, mind a bázisanhidridek savakkal *sókat* alkotnak oly módon, hogy a bázis (például Ca(OH)_2) hidroxilgyökét, illetve a bázisanhidrid (például CaO) oxigénjét savmaradék (például CO_3^{2-}) helyettesíti. Só például a kalcium-karbonát: CaCO_3 . (Gróh, 1940).

Lásd még: Fémek, Savak, Lúgok

Bázisos sók

Ha valamely bázisban nem minden hidroxilgyököt helyettesítünk savmaradékkal, illetve ha több vegyértékű fémes elemet (például kalciumot: Ca^{2+}) tartalmazó bázist (például kalcium-hidroxidot: Ca(OH)_2) kevesebb savval (például szénsavval: H_2CO_3) hozunk össze, mint amennyi a teljes telítéshez elegendő volna, akkor *bázisos sót* nyerünk. A bázisos só hidroxilgyököt (OH^-) is tartalmaz. Bázisos só például a kalcium-hidrogén-karbonát vagy más néven kalcium-hidrokarbonát: $\text{Ca(HCO}_3)_2$ és például a magnézium-hidrogén-karbonát vagy más néven magnézium-hidrokarbonát: $\text{Mg(HCO}_3)_2$, amelyek a vizek *változó keménységét* (karbonát-keménységét) meghatározzák. A bázisos sók savakkal még továbbegyesülni képesek (Gróh, 1940).

Lásd még: Savak, Hidrogén-karbonát

Bedolgozhatósági idő

Lásd: Friss beton eltarthatósága

Bedolgozott friss beton

A formában vagy zsaluzatban tömören elhelyezkedő friss beton, amelyben a cement kötése még nem kezdődött el.

Befűződés

Lásd: Kontrakció

Behatolásmérőtű

Angolul: Penetrating needle

Németül: Eindringnadel, Penetrationsnadel

A behatolásmérőtű az egyik eszköz a fiatal lövellt beton nyomószilárdságának, más szóval a lövellt beton korai nyomószilárdságának MSZ EN 14488-2:2007 szabvány szerinti meghatározására a 0,2-1,2 N/mm² nyomószilárdsági tartományban.

A vizsgálathoz legalább 100 mm vastag lövellt beton réteg szükséges.

A vizsgálatot a lehető leggyorsabban (0,5 N/mm² alatti korai nyomószilárdság esetén egy percen belül) tízszer meg kell ismételni a lövellt betonra jellemző területen.

A behatolásmérőtű átmérője 3,0±0,1 mm, hegyének szöge 60±5 fok. A behatolásmérőtűt az ún. penetrométerrel a fiatal lövellt betonba a vizsgált felületre merőlegesen, 15±2 mm mélyen be kell nyomni, az ehhez szükséges, 10 N pontossággal kijelzett erőt fel kell jegyezni. A korai nyomószilárdságot 10 mérés átlagából a gyártó által vagy a szabványban megadott – a szabványban a 8 mm és a 16 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyagok lövellt betonra vonatkozó – átszámítási görbéből le kell olvasni. Az extrapoláció (a görbének az értelmezési tartományon kívüli alkalmazása) nem megengedett. Az első 24 órán belül három különböző időpontban végzett vizsgálat eredménye alapján a fiatal lövellt beton az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerinti, általában J1 vagy J2 jelű korai nyomószilárdsági osztályba sorolható.

A másik eszköz a fiatal lövellt beton nyomószilárdságának meghatározására a menetes végű mérőcsapszeg.

Lásd még: Lövellt beton, Menetes végű mérőcsapszeg

Belit

A belit a portlandcementklinker ásványok egyikének neve, a dikalcium-szilikát négyféle módosulata közül a legfontosabb, a β -módosulat (β -2CaO·SiO₂, röviden: β -C₂S). Mennyisége a portlandcementben 15-37 tömeg%. Kezdeti szilárdulása lassú, utószilárdulása nagy, hőfejlesztése kicsi.

Belső súrlódási tényező, más néven dinamikai viszkozitás

Lásd: Dinamikai viszkozitás

Bennmaradt levegő, levegő zárvány

Levegővel kitöltött pórusok, kisebb üregek a bedolgozott friss betonban, amelyek szándékunk ellenére képződtek. A kiszaluzott beton felületén lévő kisebb üregek esetén a betont fészkesnek nevezzük.

Bentonit

A bentonit kőzetek lényegében kiömlési kőzetek (például riolitok, andezitek, bazaltok, tufák) vagy törmelékes üledékes kőzetek (például agyagok) kémiai mállási terméke. Elnevezését az USA Wyoming államában fekvő Fort Benton helységtől kapta, ahol a XIX. század végén először feltárták. (Sárosi et al., 1962)

Fő összetevője a montmorillonit ásvány, amely mellett általában például kaolinitet, illitet, glaukonitot (szintén agyagásványok), kvarcot, földpátot, csillámot, vulkáni üveget, tufát, meszet, dolomitot, piritet, limonitot, gipszet (átalakult kőzet maradványai) stb. is tartalmaz. Hazai bentonitjaink (például Mád és környéke, Budatétény, Salgótarjánától keletre fekvő Istenmezeje, Bárd stb.) leggyakoribb ásványi szennyezői a kaolinit, illit, földpát, csillámok, kvarc, mész és limonit. A régi MSZ 17746:1953 szabványban 50% legkisebb montmorillonit-tartalmat írtak elő. (Sárosi et al., 1962)

Nagy általánosságban Na-bentonitokat (alkáli bentonit) és Ca- esetleg Mg-bentonitokat (földkáli bentonitok) különböztetnek meg. Az építőiparban elsősorban alkalmazott Na-bentonitok duzzadóképesek, vízfelvételük, szuszpenzióik belső súrlódása nagy, filmképzőképességük jó, míg a földkáli betonok ellentétes tulajdonságúak. (Sárosi et al., 1962)

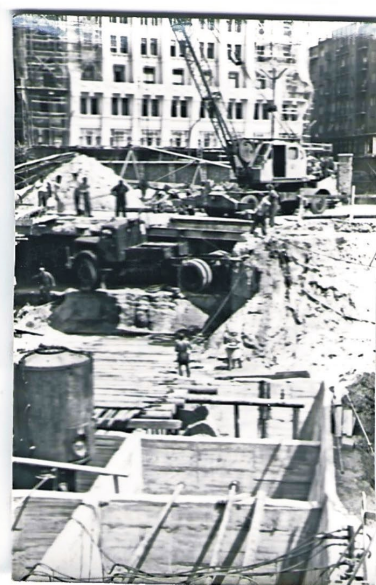
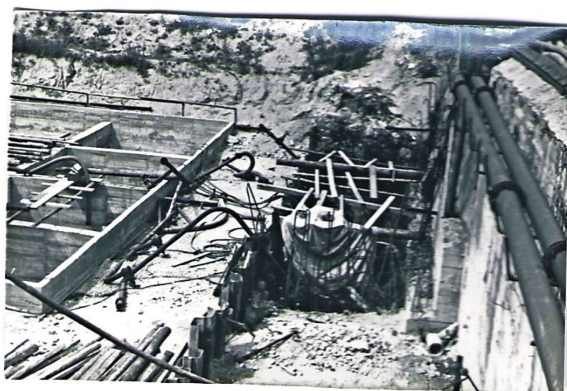
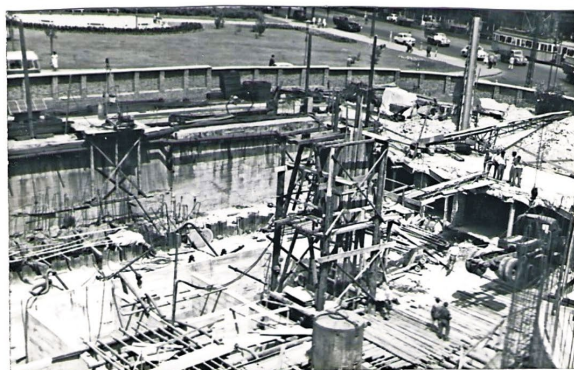
A Na-bentonit-szuszenziók érdekes, egyrészt káros, másrészt hasznos tulajdonsága a tixotrópia, azaz az a sajátság, hogy mechanikai hatásra, például rázásra, vibrálásra, keverésre elfolyósodnak, és a hatás megszűnte után bizonyos idő után újra megszilárdulnak. A bentonit-szuszenzióknak ugyanis mozgási ellenállása van, belső súrlódásuk a mozgást előidéző erő függvénye, szemben a *Newton*-i folyadékok belső súrlódásával, amely lamináris áramlás esetén az áramlási sebességtől, illetve az áramlást előidéző nyomástól független. (Sárosi et al., 1962)

Az építőiparban a bentonit készítményeket vízzáró talajkeverékek készítésére, építmény- vagy talajinjektálásra, építmények bentonitos vízszigetelőrétegeként, valamint tixotróp tulajdonságát kihasználva fúrólyukak, cölöpfalak, vízzárófalak, résfalak, függönyfalak építés közbeni megtámasztására, továbbá akna-, kút, szekrényszüllyesztések súrlódáscsökkentő anyagaként stb. használják. (Sárosi et al., 1962)

Bentonitos súrlódáscsökkentő zagy alkalmazása mellett szüllyesztették a mélybe a felszíni munkagödörben készült vasbetonszekrényeket például a budapesti metró Deák téri állomásának építése során 1960-ban (1.5.B1. ábra).

A bentonit tixotrópiáját a szuszpenzió MSZ 17746:1953 R ajánlott szabvány szerint mért dermedési idejével és mozgási ellenállásával lehet jellemezni.

Lásd még: Kolloidok, Tixotrópia



KÉV
Közlekedési
Építő
Vállalat
9.b.
munkahelye



A budapesti Deák téri
metró állomás építése
1960 júliusában

1.5.B1. ábra: A budapesti metró Deák téri állomásának építése, amelynek során a felszíni munkagödörben készített vasbetonszekrényeket súrlódáscsökkentő bentonitos zagy alkalmazása mellett süllyesztették a mélybe. A fényképeket a szerző készítette negyedéves egyetemi hallgató korában a nyári termelési gyakorlaton.

Bernoulli⁴² feltevés (hipotézis)

A *Bernoulli*-féle feltevés (hipotézis) szerint a hajlított rúd keresztmetszetei síkjukban végtelenül merevek, és a rúd hajlítási alakváltozása után is síkok, és merőlegesek maradnak a rúd semleges tengelyére.

A *Navier*⁴³-féle feltevés (hipotézis): A feszültségek a semleges tengelytől való távolsággal arányosak.

E kettő egymásra épüléséből született a *Bernoulli-Navier* feltevés (hipotézisen), amelyen a *Navier (Bernoulli-Navier)* hajlítási képlet alapszik. (*Mihailich et al.*, 1964), (*Palotás*, 1979. 1. kötet), (*Bojtár*: A szilárdságtan nagy tudósai. Bernoulli, Navier és a klasszikus gerendaelmélet, é.n. → <https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=45881>)

Lásd: *Navier (Bernoulli-Navier)* hajlítási képlet

Betétedzés

Angolul: Thermochemical case-hardening

Németül: Einsatzhärten

A betétedzés termokémiai hőkezelési eljárás, amelynek során egy vagy több kémiai elem be- vagy kidiffundálása folytán a vasötvözet kémiai összetétele a felületen megváltozik. A betétedzéstől a vasanyag felülete kemény és kopásálló lesz, a belseje pedig rideg marad. (*Seidel*, 2018)

Ha a felhevített vasötvözet gyors lehűtése miatt a szénatomok diffúziójához nincs elég idő, és ezért cementit (Fe_3C) nem keletkezik, akkor az edzést felületi edzésnek nevezik.

A betétedzés a 0,2 %-nál kisebb széntartalmú acélok leggyakrabban alkalmazott felületkeményítő hőkezelése. Célja szívós maggal rendelkező, kemény és kopásálló kérgű acél előállítás a kis széntartalmú acél felületének szénben való dúsításával (széneseztével vagy ahogy a MOSz 106:1933 szabványban írták: széneseztéssel); a széneseztés németül: Aufkohlen), az úgy nevezett cementálással. Betétedzés során 1-3 mm kéregmélység elérésére a vas-szén

⁴² *Jakob Bernoulli* (1654, Basel – 1705, Basel) svájci matematikus, fizikus, orvos. A Basel-i Egyetemen 1671-ben filozófia és teológia tárgyakból MSc fokozatot szerzett, majd 1676-ban teológiából doktorált. A Basel-i Egyetemen 1683-tól mechanikát tanított és 1687-től élete végéig vezette az egyetem matematikai tanszékét. A hajlított rúd alakváltozására vonatkozó gondolatait 1694-ben kezdte publikálni. 1699-ben a párizsi, 1701-ben a berlini Tudományos Akadémia tagja lett. (*Bojtár*: A szilárdságtan nagy tudósai. Bernoulli, Navier és a klasszikus gerendaelmélet, é.n.)

A svájci matematikus *Johann Bernoulli* (1667, Basel – 1748, Basel) *Jakob Bernoulli* öccse volt, aki bátyja halála után megörökölte a basel-i matematika professzori állást.

A szintén tehetséges svájci matematikus, *Daniel Bernoulli* (1700, Groningen – 1782, Basel) *Johann Bernoulli* fia volt. A folyadékok mozgásának törvényszerűségeit (*Bernoulli-törvény*) *Daniel Bernoulli* 1738-ban kiadott *Hydrodynamique* című könyvében írta le. (Wikipedia)

⁴³ *Claude Louis Marie Henri Navier* (1785, Dijon – 1836, Párizs) francia mérnök és fizikus, a mechanika tudósa. Tanulmányait a École Polytechnique főiskolán végezte. Hídépítéssel foglalkozott. A francia Tudományos Akadémiának 1824-ben lett a tagja, 1830-ban a École Nationale des Ponts et Chaussées főiskola, 1831-ben az École Polytechnique főiskolán az analitika és mechanika professzora lett. Az 1820-as évek elején fogalmazta meg a rugalmasságtan egyik legfontosabb axiómáját, az úgy nevezett *Navier* feltételt: a feszültségek a hajlított rúd semleges tengelyétől való távolsággal arányosak.

ötvözetet 850-950 °C hőmérsékleten 8-24 óra hosszán izzítani kell, amelyet a felületi martenzites szövetszerkezet biztosítása érdekében felületi edzés (németül: Härten, pontosabban: Randschichthärten), majd a ridegség mérséklésére megeresztés, más szóval lágyítás (németül: Anlassen) követ például 200 °C-on. (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981), (Mészáros et al., 2011), (Seidel et al., 2018)

A betétedzés tehát tulajdonképpen három részből áll, részben termokémiai, kémiai átalakulással járó eljárás (cementálás), részben pedig kémiai átalakulás nélküli felületi edzés (martenzitesítés) és megeresztés. (Seidel et al., 2018)

A régi MOSz 106:1933 szabvány szerint a betétben való edzés során a kovácsolt vagy hengerelt folytacélt a szén leadó anyagokban kell addig izzítani, amíg a megfelelő mennyiségű szén felveszi, és a szénbehatolás a megkívánt mélységű lesz. Ha az ilyen acélt a kéregnek megfelelő edzési hőmérsékleten eddük, akkor csak a széndús külső hártya válik keménnyé. A magas széneseítési hőmérsékleten (850-900 °C) huzamosabb ideig tartott vas szemcséje eldurvul. A szemcse visszafinomítható a széneseítést követő alacsonyabb hőmérsékleten való izzítással vagy az úgy nevezett kettős edzéssel – először magra edzés, majd kéregedzés –, amely kettős edzés ma már nem alkalmazott eljárás.

Lásd még: Acélgyártás, Átalakulási hőmérséklet, Edzés, Felületi edzés, Megeresztés, Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Beton

A beton cement kötőanyagú, négyfázisú, heterogén, durva diszperz rendszer, amely friss állapotában inkoherens, durva szuszpenzió (szilárd részek folyékony közegben), megszilárdult állapotában pedig koherens, kváziviszkozus fázissal (cementkő) és rugalmas fázissal (adalékanyag) rendelkező viszkoelasztikus anyag.

A beton cementből, adalékanyagból és vízből, esetleg adalékszerekből és kiegészítőanyagból álló keverék, amely levegőn vagy víz alatt köt és szilárdul, és nyomószilárdságának jellemző (karakterisztikus) értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren legalább 8 N/mm², nyomószilárdsági osztálya legalább C8/16.

A különböző időszakok cementszilárdsági jeleit *könyvünk* e fejezetében a „Cement” címszó alatt, a különböző időszakok beton-nyomószilárdsági osztályainak jeleit pedig a 8.3. fejezetben vetettük össze.

Az 1951 évi H.1.SZ. számú Vasúti Hídszabályzat 7. §. I. F) fejezetének 7.160 szakaszában a B 100, B 140, B 220, B 300, B 400 és B 600 jelű betonokat különböztették meg.

Az 1956-ban kiadott KPM Sz. HI/I-56 R számú Közúti Hídszabályzat G) fejezetének 1.25. szakaszában úgy rendelkeztek, hogy a teherhordó vasalatlan betonszerkezetekhez B 50, B 70, B 100, B 140, illetve B 200 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni. A K) fejezet 2. szakasza szerint a felszerkezetekhez előregyártott vasalatlan betonelemek B 140 nyomószilárdsági osztályú betonból készültek.

Az 1968. január 1-jén alkalmazásba vett KPM Sz. HI/I-67 számú Közúti Hídszabályzatban a B 50 és B 70 nyomószilárdsági osztályú beton alkalmazását már nem engedték meg.

A KPM Sz. HI/I-67 számú Közúti Hídszabályzat II. rész F. fejezet 1.5. szakasza szerint közúti hidak alépítményének készítéséhez legalább B 140 minőségű, az alaptestek, felmenőfalak, szárnyfalak, 2 m-nél kisebb nyílású átereszek vagy boltozatok készítéséhez legalább B 200 minőségű, a helyszínen készített felszerkezetek, szerkezeti gerendák betonozásához B 200 és B 280 minőségű betont kellett használni. Az előregyártott vasbetonelemek helyszíni előregyártás esetén legalább B 200 minőségű, gyári előregyártás esetén legalább B 280 minőségű betonból készültek. A felszerkezet helyszínen előregyártott vasbetonelemeihez legalább B 280 minőségű, gyárilag készített vasbetonelemeihez pedig legalább B 400 minőségű betont alkalmaztak. Helyszínen előregyártott elemekhez B 400 vagy annál jobb, gyárilag

előregyártott elemekhez pedig B 560 vagy annál jobb minőségű betont csak a KPM Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium engedélyével volt szabad használni.

Az 1967. évi Közüti Hídszabályzat szerint a vasbeton szerkezetek betonjának előírt legkisebb cementadagolása

- 400-as jelű cement esetén B 140 betonminőségű alépítmény készítéséhez 275 kg/m^3 ;
- 500-as jelű cement esetén általában 250 kg/m^3 ,
B 140 betonminőségű alépítmény készítéséhez 250 kg/m^3 ,
B 200 betonminőségű alaptest, felmenőfal, szárnyfal, átereszt, boltozat készítéséhez 270 kg/m^3 ;
- 600-as jelű cement esetén általában 225 kg/m^3 ,
B 200 minőségű felszerkezet és szerkezeti gerenda készítéséhez 270 kg/m^3 ,
B 280 minőségű felszerkezet és szerkezeti gerenda készítéséhez 350 kg/m^3 ,
B 400 minőségű felszerkezet és szerkezeti gerenda készítéséhez 400 kg/m^3 volt.

Az 1976-ban használatba vett Vasúti Hídszabályzat-tervezet III. fejezetének „Beton és kőanyagú szerkezetek” című 1. füzet 1.8. és 2.1. szakasza szerint a helyszínen, kavics vagy zúzottkő adalékanyagú tömör betonból, acélbetétek alkalmazása nélkül készülő szerkezetek anyagául B 50, B 70, B 100, B 140 és B 200 szilárdsági jelű betonokat volt szabad alkalmazni. A vasbetonszerkezetek betonját nem B, hanem VB betűjellel jelölték (lásd a Vasbeton címszót).

A MÁV Vezérigazgatósága 1984-ben H.2.Sz. számú utasítást adott ki a vasúti beton és vasbetonhidak építésére, amelynek 3.2.3.4. szakaszában a nyomószilárdsági osztály jelölésére a B betűjel után a nyomószilárdságra utaló számjegyet már SI-mértékegységben adták meg, és az már nem a 200 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakocka előírt átlagos nyomószilárdságát, hanem a 150 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdság jellemző értékét (abban az időben minősítési értéknek nevezték) fejezte ki. A 3.4. szakaszban az 1983-ig érvényben volt nyomószilárdsági osztályok összehasonlítására kissé átszerkesztett formában ugyanaz a táblázat és ábra szerepel, mint amely az egykori MSZ 4719:1982 szabványban megtalálható, és amelyek mindegyike visszautal az 1983-ig érvényben volt B 50, B 70, B 100, B 140, B 200, B 280, B 350, B 400, B 450, B 500 és B 560 jelű nyomószilárdsági osztályra (MÁV H. 2. sz. 1984).

A MÁV H. 2. sz. (1984) utasítása szerint a betonszerkezetek készítéséhez általában C 4 – C 10 (B 50 – B 100), gyengén vasalt betonszerkezetek készítéséhez C 12 (B 200) nyomószilárdsági osztályú betont használtak.

A visszavont MSZ 15022-3:1986 szabvány 1.1. szakaszában azt írták elő, hogy vasalatlan betonszerkezetekhez legalább C 4, C 6, C 8, C 10 vagy C 12, talajjal érintkező és fagy hatásának kitett szerkezetet legalább C 12 (MSZ 4719:1982) nyomószilárdsági jelű betont kell tervezni.

Az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési ütiügyi műszaki előírás 1. táblázata és az e-UT 07.02.11:2011 közúti hídépítési ütiügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza szerint a hídszerkezetek készítéséhez alkalmazott betonok nyomószilárdsági osztálya legalább C20/25 legyen.

A „beton” szót először *B. F. de Bélidor*⁴⁴ használta 1729-ben, a „La Science des Ingénieurs” című, Párizsban, a Jombert kiadónál megjelent könyvében.

Lásd még: Betontermék, Cement, Előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbeton, Monolit szerkezet betonja, Talajvizek betonra káros hatása

Betonacél

A *betonacél nevezéktanát* 1964-ben *Mihailich* és *Palotás* professzor ekképp foglalta össze: „A régi terminológiában »acél«, illetve »acélbetét«, »betonacél« stb. kifejezések helyett »vas«, illetve »vasbetét«, »betonvas« stb. kifejezéseket alkalmaztak, s így nevezték el a vasból és a betonból előálló új építőanyagot *vasbetonnak*. Egyes külföldi országokban az újabb időkben – amikor a »vas« kifejezés helyett áttértek az »acél« szó használatára – a vasbeton helyett az »acélbeton« elnevezést vezették be. Hazánkban egyelőre a vasbeton kifejezés maradt használatban, noha a »vas« helyett az »acél« szó használata elterjedt, különösen a tisztán acélszerkezetek számára. A vasbetonban alkalmazott betéteket még ma is szokták vasbetéteknek nevezni, de gyakran halljuk az »acélbetét« kifejezést is. Ellenben az acélbetétekből (vasbetétekből) kialakított rendszert ma is *vasalásnak* nevezik. Mi a következőkben általában acélbetétről, betonacélról fogunk beszélni, de a *vasalás*, *vaselrendezés*, *vashányad* stb. kifejezéseket – amelyeket az építőipari gyakorlat megtartott – magunk is megtartjuk.”

„A szokásos betonacél kör keresztmetszetű; alakja és kiképzése szerint lehet *sima felületű betonacél*, mesterséges *egyenetlenségekkel ellátott felületű*, s minthogy ezek az egyenetlenségek rendszeren periodikusan követik egymást, *periodikus kialakítású*, röviden *periodikus betonacél*, esetleg két vagy több szálból kiképzett betonacél. Az egyenetlenségeket vagy utólagos csavarással, vagy hengerlés közbeni esetleg utólagos bordázással, rovátkolással, gyakran a bordázott betét utólagos csavarásával stb. állítják elő. Ezeknek az egyenetlenségeknek célja a beton és a vasbetét közti felületi kötés növelése, a két anyag tökéletesebb együtt dolgozásának elérésére.

Azokat a vasbetéteket, amelyeknek a teherviselésben döntő szerepük van, *fővasbetétnek* nevezzük, szemben azokkal, amelyeknek szilárdságtani szerepe a terhek s azok okozta igénybevételek elosztása, s így alárendelt jelentőségűek. Ezek részben ezért is, főként azonban azért szükségesek, hogy a vasalás szerelésekor, azok helyét, elrendezését, azok betonozás előtti s alatti merevségét biztosítsák. Ezeket a betéteket *szerelővasnak*, *elosztóvasnak* nevezzük. A fővasbetéteket, a szerelő és elosztó vasbetétekhez vagy a vasbeton gerendák fő és szerelő vasbetéteit összekötő *kengyeleket* a fő- és szerelőbetétekhez kb. 1 mm átmérőjű lágy kötözőhuzallal erősítik; újabban a hegesztéssel való rögzítést is előnyösen alkalmazzák.”

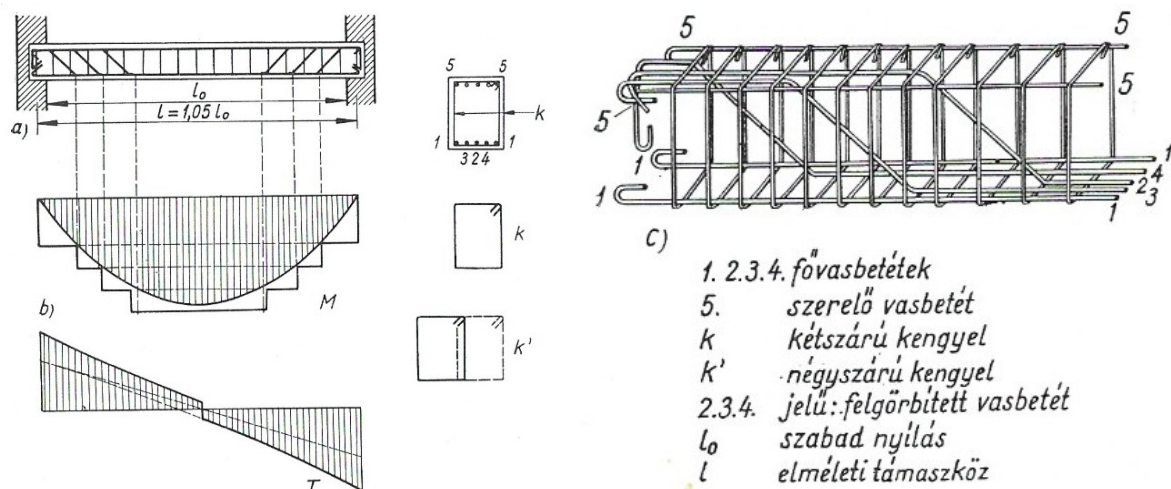
⁴⁴ *Bernard Forest de Bélidor* (1697, Katalonia – 1761, Párizs) francia hadmérnök és építész. Az 1729-ben megjelent „La Science des Ingénieurs” című könyvét *C. L. M. H. Navier* kiegészítéseivel 1830-ban újra kiadták. Az 1737–1753 között kiadott „Architecture hydraulique” című négy kötetes műve elsőként foglalkozott a hidraulikával. Ebben elsőként írt a beton készítéséről és alkalmazásáról víz alatti alapozások céljára.

Gróf Széchenyi István (1791, Bécs – 1860, Döbling), az angol tervezőmérnök *William Tierney Clark* (1783, Bristol – 1852, Hammersmith, London) és a skót kivitelezőmérnök *(Adam) Clark Ádám* (1811, Edinburgh – 1866, Buda) vezetésével 1838 és 1849 között megépült a Lánchíd, amelynek a hídfőknél, föld alatt lévő kamráiban a lánchorgonyzótömbök betonból készültek, és amelynek alapjaihoz a helyszínen (a mai Magyar Tudományos Akadémia telkén) égettek és golyósmalomban öröltek római cementet.

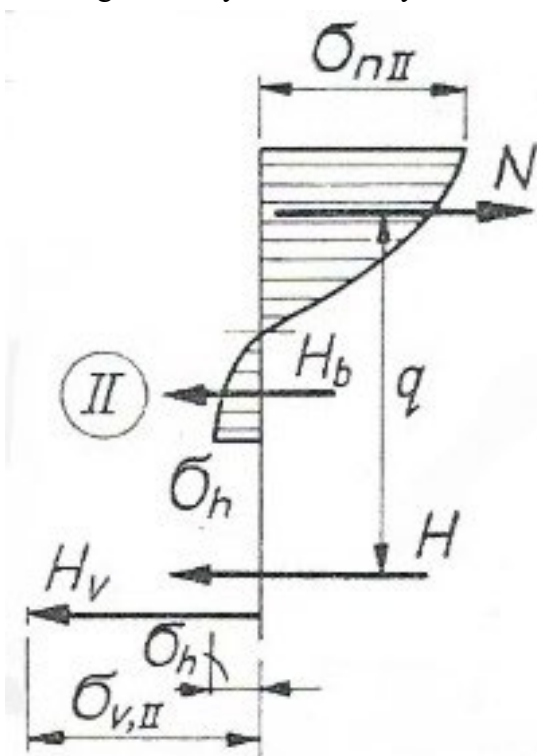
Mihálik János (Johann von Mihálik), 1818, Arad – 1892, Budapest) mérnök 1854-1856 között megépítette a Ferenc-csatorna bezdáni Duna-torkolatának kamrazsilipét, amely az első önálló betonépítmény volt hazánkban és egész Európában. A Ferenc József zsilip építéséhez a helyszínen égették a románcementet. *Mihálik János* a zsilip építéséről „Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens” címmel könyvet írt, amelynek első kiadása 1858-ban jelent meg.

(Mihailich et al., 1964)

A betonacél szerepe a vasbetonelemekben (gerendák, oszlopok, lemezek, faltartók, héjak, tömbök) a használat közben fellépő húzóerők felvétele (1.5.B2. és 1.5.B3. ábra), amelyre azért van szükség, mert a beton húzóerőket felvenni csak igen kismértékben képes, gyakorlatilag nem tud (Mihailich et al., 1964).



1.5.B2. ábra: Egyenletesen megoszló terhet hordó, görgős alátámasztású, hajlított kéttámaszú vasbeton gerenda nyomatóéki és nyíróerő ábrája, valamint vasalása (Mihailich et al., 1964)

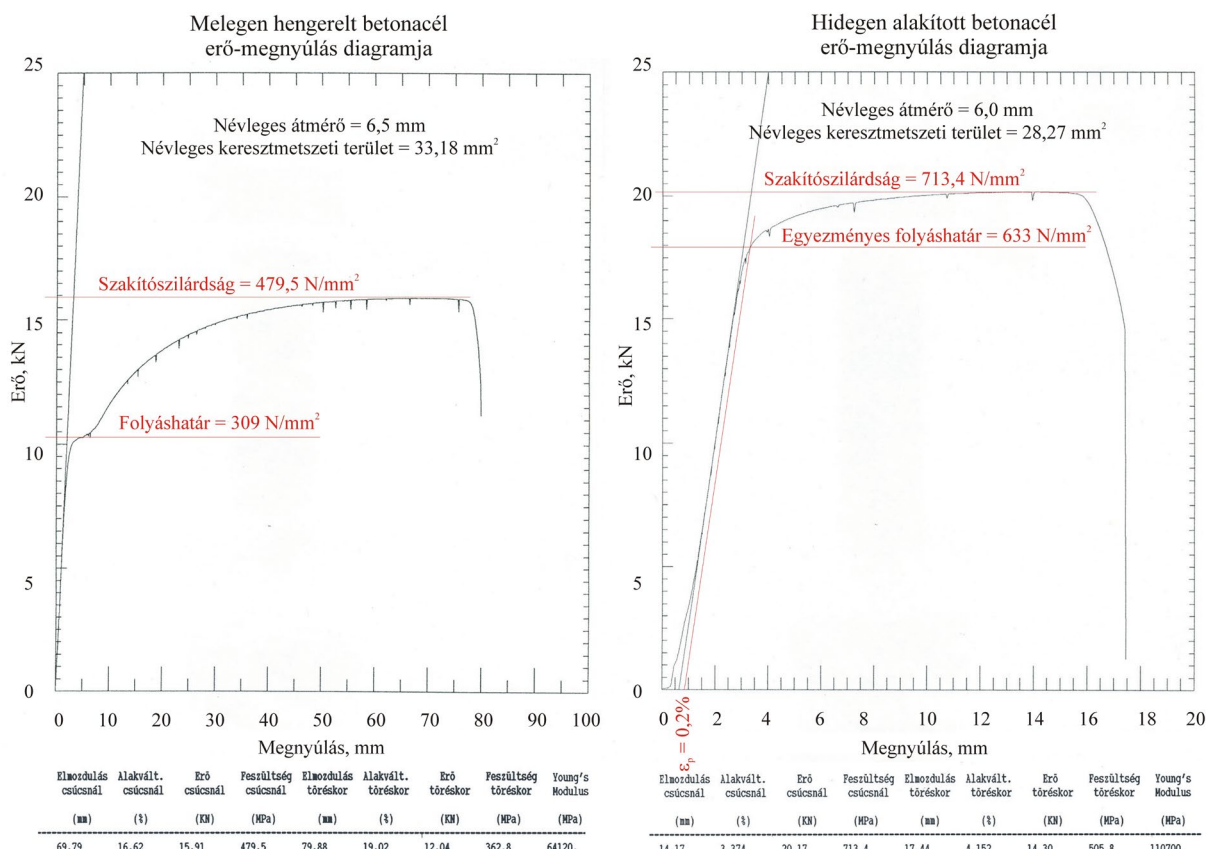


1.5.B3. ábra: Hajlított, csak alsó úgy nevezett húzott vasalással ellátott vasbeton gerenda középső keresztmetszetének feszültség ábrája a II. feszültségállapotban (Mihailich et al., 1964)

A II. feszültségállapotot az jellemzi, hogy

- a tartó a legnagyobb nyomatóékok szakaszán berepedt;
- a repedések megközelítőleg függőlegesek (σ -repedések);
- a beton feszültség ábráját alulról a repedések magassága határoolja;
- a betonnyomások eredőjének (N) nyomatóéka ($N \times q$) egyenlő a betonrészre ható húzások eredője (H_b) és a vasbetétekben lévő húzóerők (H_v) összegének ($H = H_b + H_v$) nyomatóékával ($H \times q$), és ezek a külső erők ébresztette $M = N \times q = H \times q$ hajlítónyomatóékkal (Mihailich et al., 1964).

A melegen hengerelt betonacélok határozott folyáshatárral rendelkeznek, a hidegen alakított betonacéloknak nincs határozott folyáshatára, azok a 0,2% értékű nyúlásukhoz tartozó egyezményes folyáshatárral jellemezhetők (1.5.B4. ábra).



1.5.B4. ábra: Melegen hengerelt betonacél és hidegen alakított betonacél erő-megnyúlás diagramja. Figyelemre méltó, hogy míg a melegen hengerelt betonacél megnyúlása a legnagyobb erőnél (15,91 kN), illetve a legnagyobb feszültségnél (479,5 N/mm²) 69,79 mm (nyúlása 16,62%), addig a hidegen alakított betonacél megnyúlása a legnagyobb erőnél (20,17 kN), illetve a legnagyobb feszültségnél (713,4 N/mm²) csak 14,17 mm (nyúlása 3,37%).

A szerkezeti acélok és a betonacélok szabványos jelére és elvárt szilárdsági tulajdonságaira példák az 1.5.B2. táblázatban találhatók.

1.5.B2. táblázat: Példa a szerkezeti acélok és betonacélok korábbi és mai szabványos jelére, előírt folyáshatárára és szakítószilárdságára

Termékszabvány jele	Példa a szerkezeti acél és a betonacél jelére ¹⁾	Folyáshatár		Szakítószilárdság	
		kp/mm ²	N/mm ²	kp/mm ²	N/mm ²
Általános rendeltetésű ötvözetlen, melegen hengerelt szerkezeti (szén)acél					
MOSz 112:1933 Visszavonva	A 44.12	–	–	44-52	430-510
MSZ 500:1974 Visszavonva	A 50	28-30	275-294	50-64	490-628
MSZ 500:1989 Visszavonva	Fe 490	–	255-275	–	450-490-610
MSZ EN 10025:1990 Visszavonva	Fe 510	–	335-355	–	490-510
MSZ EN 10025-1:2005	S 355	–	335-355	–	490-510
MSZ EN 10025-2:2005	S355J2 ²⁾	–	335-355	–	490-510

Az 1.5.B2. táblázat folytatódik

Az 1.5.B2. táblázat folytatása

Termékszabvány jele	Példa a szerkezeti acél és a betonacél jelére ¹⁾	Folyáshatár		Szakítószilárdság	
		kp/mm ²	N/mm ²	kp/mm ²	N/mm ²
Melegen hengerelt hídszerkezeti acél					
MOSz 112:1933 Visszavonva	$A \frac{50}{35} \cdot 12$	35	legalább 343	50-60	490-589
MSZ 112:1958 Visszavonva	A 50.35.12	35	legalább 343	50-60	490-589
Melegen hengerelt betonacél vasbeton szerkezetekhez (Az MSZ EN 10080:2005 és a DIN 488-1:2009 szabvány hidegen alakított betonacélokra is vonatkozik)					
MOSz 112:1933 Visszavonva	A 36.12 B A 48.12 B	legalább 22 legalább 28	legalább 215 legalább 275	legalább 36 legalább 48	legalább 353 legalább 470
MSZ 339:1987	B 38.24 B 50.36 B 60.40 B 60.50 B75.50	—	legalább 235 legalább 350 legalább 390 legalább 490 legalább 490	—	legalább 370 legalább 490 legalább 590 legalább 590 legalább 740
prEN 10080-1:1999, 2004 Visszavonva	S 500 A, B, C ³⁾	—	420-500	—	—
MSZ EN 10080:2005 ⁴⁾	Nincs jel	—	legalább 500	—	például min. 1,08·500=540
DIN 488-1:2009	B500A B500B	—	legalább 500 legalább 500	—	legalább 525 legalább 540
Hidegen alakított betonacélhuzal					
MSZ 982:1987	BHS 55.50 BHB 55.50	Egyezményes folyáshatár	legalább 500	—	legalább 560

¹⁾ Az acélok, betonacélok és feszítőacélok acélminőségi jeleinek magyarázata az MSZ EN 10027-1:2017, az acéljelölések számrendszerének magyarázata az MSZ EN 10027-2:2015 szabványban található.

²⁾ A példakénti J2 jel a -20 °C hőmérsékleten, bemetszett próbatesten mért megkövetelt 27 joule ütőmunkát jelenti (MSZ EN 10027-1:2017 szabvány 1. táblázata)

³⁾ A, B, C duktilitási (alakíthatósági) osztály egyik követelménye, a szakítószilárdság és a folyáshatár hányadosa jellemző értékének megengedett legkisebb értéke, rendre $\geq 1,05$; $\geq 1,08$; $\geq 1,15$, de $< 1,35$. Ez a hányados régebben jelentősen nagyobb szám volt (lásd MSZ 500:1989), ehhez képest az újabb betonacél gyártmányok esetén a folyáshatár közelít a szakítószilárdsághoz.

A másik követelmény a legnagyobb teherhez tartozó fajlagos megnyúlás jellemző értékének megengedett legkisebb értéke, rendre $\varepsilon_{uk} \geq 2,5 \%$; $\geq 5,0 \%$; $\geq 7,5 \%$ (MSZ EN 1992-1-1:2010).

⁴⁾ Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok című szabvány az EN 10080 (MSZ EN 10080:2005) szerinti betonacél alkalmazását írja elő. A hegeszthető betonacélok európai MSZ EN 10080:2005 jelű szabványa termékjellemzőket és követelményeket nem tartalmaz.

⁵⁾ A B500A és B500B jelű betonacél bordázott kialakítású betonacél. A jelölés végén az „A” és „B” betűjel a duktilitási osztályra utal.

Az MSZ 339:1987 szabvány szerinti melegen hengerelt B 38.24 jelű sima betonacél alárendeltebb feladatra, szerelővasalások készítésére alkalmas; a B 60.40 jelű betonacél a XX. századi tömeges, általános felhasználás anyaga volt; a B 75.50 jelű betonacél a vasbeton-előregyártás célját szolgálja. (Palotás, 1979, 2. kötet), (Erdélyi et al., 1998)

A szintén MSZ 339:1987 szabvány szerinti B 50.36 jelű csavarható bordás, B 60.40 jelű nyílbordás betonacél folyáshatárának megkövetelt jellemző értéke (karakterisztikus értéke) kisebb, mint 500 N/mm^2 , ezért ezeket a betonacélokat az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) tervezési szabvány szerint vasbeton tartószerkezetek céljára nem szabad alkalmazni. A B 60.50 S jelű 6-12 mm névleges átmérőjű sima betonhuzal csak hegesztett síkhálók készítésére való. (Erdélyi et al., 1998)

Az MSZ 339:1987 szabvány szerinti melegen hengerelt B 60.50 jelű 8-28 mm névleges átmérőjű és a B 75.50 jelű 8-16 mm névleges átmérőjű csavarbordás betonacél folyáshatárának megkövetelt jellemző értéke 490 N/mm^2 , ma ezek alkalmazása javasolt. A szintén legalább 490 N/mm^2 jellemző értékű folyáshatárú B 60.50 S jelű 6-12 mm névleges átmérőjű sima betonhuzalt csak hegesztett síkhálók készítéséhez szabad alkalmazni.

Az MSZ 339:1987 szabvány szerinti betonacélok általában hegeszthetők, kivéve a B 75.50 jelű nem hegeszthető betonacélt, amely előregyártott vasbetonszerkezeti elemek készítéséhez alkalmazható.

Mindezek alapján a vasbetonszerkezeteket B 60.50 jelű (MSZ 339:1987) melegen hengerelt, hegeszthető, „B” duktilitási osztályú (alakíthatósági osztályú) bordás betonacél felhasználásával ajánlott készíteni. A B 60.50 (MSZ 339:1987) jelű betonacél minősége lényegében azonos a B500B (DIN 488-1:2009) jelű betonacél minőségével. (Erdélyi et al., 1998)

A földrengés veszélyes területeken épülő vasbetonszerkezetekhez különlegesen szívós (nagyon jól alakítható) „C” duktilitási osztályú betonacélt szükséges alkalmazni (Erdélyi et al., 1998), amelynek követelményrendszere az érvényre nem emelt, a melegen hengerelt betonacélokra alkalmazható MSZ/T 339:2012 szabványtervezetben és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 tervezési szabványban található.

Napjainkban az ÓAM Ózdi Acélművek Kft. az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány szerint méretezett vasbetonszerkezetekhez az MSZ 339:1987 szabvány szerinti B 60.50 jelű, illetve az MSZ/T 339:2012 szabványtervezet szerinti B500B jelű, „B” duktilitási osztályú melegen hengerelt betonacélt és az MSZ/T 339:2012 szabványtervezet szerinti B500C jelű, „C” duktilitási osztályú melegen hengerelt betonacélt az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft. által A-181/2014 számon, 2019. május 10-én, a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet alapján kiadott NMÉ Nemzeti Műszaki Értékelés alapján gyártja.

A napjainkban Ózdon gyártott, legfontosabb melegen hengerelt betonacélok és betonacélhuzal főbb szilárdsági és alakváltozási követelményeit az 1.5.B3. táblázatban tüntettük fel.

1.5.B3. táblázat: Az Ózdi Acélművek Kft. legfontosabb melegen hengerelt betonacél és betonacélhuzal termékeinek főbb szilárdsági és alakváltozási követelményei (ÉMI, A-181/2014 számú Nemzeti Műszaki Értékelés), (ÓAM Kft., Termékismertető, 2014)

Betonacél, betonacélhuzal jele	B500B bordás	B500C bordás	OAM 550 bordás	B 60.50 csavar- bordás	B 38.24 sima betonhuzal, tekercsben
	betonacél, szálban				
Hivatkozott szabvány az Ózdi Acélművek termékismertetőjében	DIN 488-1:2009, MSZ/T 339:2012	MSZ/T 339:2012	ÖNORM B 4707:2010	MSZ 339:1987	
Méret, mm	Ø8 – Ø40				Ø5,5 – Ø12
Folyáshatár, legalább, R_{eH} , N/mm ²	500	500	550	490	235
Szakítószilárdság, legalább, R_m , N/mm ²	550	575	620	590	370
R_m/R_e	1,08 – 1,15	1,15 – 1,35	1,08 – 1,15		
Szakadási maradó nyúlás, legalább, A_5 , %	18				25
Legnagyobb terheléskor mért teljes fajlagos nyúlás, legalább, A_{gt} , %	5,0	7,5	5,0		Megjegyzés: A betonhuzalt általában húzóműben tovább- húzással dolgozzák fel.
Duktilitási osztály	B	C	B		
Megjegyzés: A csavarbordázat jellemzője, hogy a bordák egymással egyirányban futó csavarmenetet képeznek, és a szál hossz tengelyével 60°-os szöget zárnak be.					

A bordázatról szólva például a DIN 488-2:2009 szabvány szerinti B500B jelű betonacélok bordázatának háromféle változata van: kétsoros ferdebordás hosszborða nélkül, kétsoros ferdebordás hosszborðával, négy soros ferdebordás hosszborða nélkül (1.5.B5. ábra).

Szálban vagy tekercsben szállított betonacél 2 sor ferdebordával hosszborða nélkül B500B Betonstabstahl und Betonstahl in Ringen mit 2 Reihen von Schrägrippen ohne Längsrippen	Szálban szállított betonacél 2 sor ferdebordával hosszborðaával B500B Betonstabstahl mit 2 Reihen von Schrägrippen mit Längsrippen	Szálban vagy tekercsben szállított betonacél 4 sor ferdebordával hosszborða nélkül B500B Betonstabstahl und Betonstahl in Ringen mit 4 Reihen von Schrägrippen ohne Längsrippen

1.5.B5. ábra: A szálban gyártott DIN 488-2:2009 szabvány szerinti és a tekercsben gyártott DIN 488-3:2009 szabvány szerinti B500B jelű betonacél bordakiképzésére

Az 1.5.B5. ábra szerinti bordázatú hegeszthető B500B jelű betonacél (DIN 488-2:2009) jellemzői a következők:

- névleges átmérője (d_s): 6-40 mm
- folyáshatára (R_e): legalább 500 N/mm²
- szakítószilárdsága (R_m): legalább 550 N/mm²
- duktilitása: legalább 1,08, legfeljebb 1,15 („B” duktilitási osztály)
- legnagyobb terheléskor mért teljes fajlagos nyúlása (A_{gt}): legalább 5%

szállítási alakja: szál vagy tekercs

Az MSZ EN 10080:2005 és az MSZ 339:1987 szabványban előírják, hogy minden egyes betonacélszálat és a tekercseket a gyártó és a betonacél azonosítására 1,5 m-enkénti ismétlődéssel meg kell jelölni. A jel az országot és a gyártó üzemet jelentő számokból, valamint európai intézmény által kiadott és regisztrált termékszámából áll. Magyarország – és Franciaország – kódszáma: 3. A hegesztett hálókhoz ezen kívül a gyártó számát és a termékszámot tartalmazó címkét is kell csatolni.

Lásd még: Acélgyártás, Betonacél meleghengerrése

Betonacél befűződése

Lásd: Kontrakció

Betonacél duktilitása, alakíthatósága

Duktilitás angolul: ductility

Duktilitás németül: Duktilität

A duktilitás latin eredetű szó (duco = húz, nyújt, alakít), szó szerinti fordításban nyújthatóságot, alakíthatóságot jelent (*Bakos szerk., 1973*), (*Györkös szerk., 1994*), témakörünket illetően az alakíthatóság a legkifejezőbb magyar szó.

A duktilitás a betonacélok azon tulajdonsága, hogy külső erők hatására alakváltozásuk képlékeny és maradó az anyag berepedése vagy szakadása nélkül. A szabványok három duktilitási osztályt különböztetnek meg: *A* szokványos (normál) duktilitási, *B* nagy duktilitási, *C* igen nagy duktilitási osztály.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 tervezési szabvány C1. táblázata szerint a betonacél *A*, *B*, *C* duktilitási (alakíthatósági) osztályának egyik követelménye a szakítószilárdság (f_t) és a folyáshatár (f_y) hányadosa jellemző (karakterisztikus) értékének megengedett értéke, rendre:

$$1,05 \leq (f_t/f_y)_k < 1,08 \text{ (A osztály);}$$

$$1,08 \leq (f_t/f_y)_k < 1,15 \text{ (B osztály);}$$

$$1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35 \text{ (C osztály),}$$

a másik követelmény a legnagyobb teherhez tartozó fajlagos megnyúlás jellemző (karakterisztikus) értékének megengedett értéke, rendre:

$$2,5\% \leq \varepsilon_{uk} < 5,0\% \text{ (A osztály);}$$

$$5,0\% \leq \varepsilon_{uk} < 7,5\% \text{ (B osztály);}$$

$$7,5\% \leq \varepsilon_{uk} \text{ (C osztály)}$$

Az *A* duktilitási osztályba általában a betonacélhálók (például: B500A), a hidegen bordázott tekercselt betonacélok (például: B500A), a rácsos tartók, a sima betonhuzalok (például: B500A+G) és rovátkolt betonhuzalok (például: B500A+P), a *B* duktilitási osztályba általában a melegen hengerelt betonacélok (például: B500B) tartoznak. (*Erdélyi et al., 1998*), (<http://www.kummetat.de/ksh/service/glossar/duktil.htm>)

A földrengés veszélyes területeken épülő vasbetonszerkezetekhez a különlegesen jól alakítható „C” duktilitási osztályú betonacélt szükséges alkalmazni (*Erdélyi et al., 1998*), amelynek követelményrendszere az érvényre nem emelt, a melegen hengerelt betonacélokra alkalmazható MSZ/T 339:2012 szabványtervezetben és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 tervezési szabványban található.

Megjegyezzük, hogy például az általános rendeltetésű, ötvözetlen, szerkezeti acélok előírt szakadási nyúlása és szakítószilárdság/folyáshatár hányadosa – amely utóbbira annak idején követelményt nem adtak – régebben jelentősen nagyobb szám volt (lásd például a visszavont MSZ 500:1989 szabványt, amelynek helyére az MSZ EN 10025:1998 szabvány, ma MSZ EN 10025-2:2020 lépett), azaz a mai (például MSZ/T 339:2012, MSZ EN 1992-1-1:2010, DIN 488-1:2009, visszavont DIN 1045-1:2008 szabványnak megfelelő) betonacél termékek folyáshatára (f_t) közelebb esik a szakítószilárdsághoz (f_y), mint amennyire a régebbi szerkezeti acél gyártmányok folyáshatára (R_{eH}) esett a szakítószilárdsághoz (R_m), ahogy azt az *1.5.B4. táblázat* példái szemléltetik. Az Eurocode 2 tervezési szabványok érvényre léptével a betonacélok szilárdsági követelménye is megnövekedett, az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány szerint a vasbetonszerkezetek 400-600 N/mm² folyáshatárú betonacéllal készülnek.

1.5.B4. táblázat: Példák egykori és mai duktilitási értékekre (szakítószilárdság/folyáshatár) szabványok alapján

Az acél jele és a termékszabvány jelzete	Szakító- szilárdság, N/mm ²	Folyáshatár, N/mm ²	Mechanikai tulajdonság	
			Szakító- szilárdság/ Folyáshatár **	Szakadási nyúlás, %
A 36/24.12 hídépítési folytvas* MOSz 112:1933, visszavont	$\sigma_B = 353-441$	$\sigma_S = 235$	$\sigma_B/\sigma_S = 1,50$ $\sigma_B/\sigma_S = 1,88$	$\delta_{10} = 21$ ***
A 49/29.12 hídépítési szénacél* MOSz 112:1933, visszavont	$\sigma_B = 481-569$	$\sigma_S = 284$	$\sigma_B/\sigma_S = 1,69$ $\sigma_B/\sigma_S = 2,00$	$\delta_{10} = 17$ ***
A 36.12* B betonvas MOSz 112:1933, visszavont	$\sigma_B \geq 353$	$\sigma_S \geq 216$	$\sigma_B/\sigma_S = 1,63$	–
A 48.12* B betonvas MOSz 112:1933, visszavont	$\sigma_B \geq 471$	$\sigma_S \geq 275$	$\sigma_B/\sigma_S = 1,71$	–
Fe 690-2 (régi A 70) jelű alapacél, max. 16 mm vastag, ötvöztelen, szerkezeti idomacél MSZ 500:1989 visszavont	$R_m = 670-830$	$R_{eH} \geq 360$	$R_m/R_{eH} = 1,86$ $R_m/R_{eH} = 2,31$	$A_{5 \cdot d_0} \geq 11$
S500J0 jelű, max. 16 mm vastag, ötvöztelen, melegen hengerelt, hosszú szerkezeti acél MSZ EN 10025-2:2020 érvényes	$R_m = 580-760$	$R_{eH} \geq 500$	$R_m/R_{eH} = 1,16$ $R_m/R_{eH} = 1,52$	$A_{5,65 \cdot \sqrt{S_0}} \geq 15$ ****
B 60.40 melegen hengerelt betonacél MSZ 339:1987 érvényes	$R_m \geq 590$	$R_{eH} = 390$	$R_m/R_{eH} = 1,51$	$A_s \geq 14$
B 60.50 melegen hengerelt betonacél MSZ 339:1987 érvényes	$R_m \geq 590$	$R_{eH} = 490$	$R_m/R_{eH} = 1,20$	$A_s \geq 18$
B 75.50 melegen hengerelt betonacél MSZ 339:1987 érvényes	$R_m \geq 740$	$R_{eH} = 490$	$R_m/R_{eH} = 1,51$	$A_s \geq 10$

Az 1.5.B4. táblázat folytatódik

Az 1.5.B4. táblázat folytatása

Az acél jele és a termékszabvány jelzete	Szakító- szilárdság, N/mm ²	Folyáshatár, N/mm ²	Duktilitás	
			Szakító- szilárdság/ /Folyáshatár	Legnagyobb terheléskori nyúlás, %
	Jellemző érték			
MSZ EN 1992-1-1:2010 érvényes MSZ/T 339:2012 tervezet		<i>A osztályban:</i> <i>B osztályban:</i> <i>C osztályban:</i>	$(f_t/f_y)_k \geq 1,05$ $(f_t/f_y)_k \geq 1,08$ $(f_t/f_y)_k \geq 1,15$	$\epsilon_{uk} \geq 2,5$ $\epsilon_{uk} \geq 5,0$ $\epsilon_{uk} \geq 7,5$
B500A betonacél B500B betonacél DIN 488-1:2009 érvényes	R_m : – R_m : –	$R_e \geq 500$ $R_e \geq 500$	$R_m/R_e \geq 1,05$ $R_m/R_e \geq 1,08$	$A_{gt} \geq 2,5$ $A_{gt} \geq 5,0$
BSt 500 S(A) betonacél → B500A BSt 500 S(B) betonacél → B500B DIN 1045-1:2008 visszavont	f_{tk} : – f_{tk} : –	$f_{yk} \geq 500$ $f_{yk} \geq 500$	$(f_t/f_y)_k \geq 1,05$ $(f_t/f_y)_k \geq 1,08$	$\epsilon_{uk} \geq 2,5$ $\epsilon_{uk} \geq 5,0$

Megjegyzés:

* A folytvas vagy folyasztott vas például *Bessemer*-, *Siemens-Martin*-, *Thomas*-eljárással gyártott vasötvözet; a szénacél vagy közönséges acél a vas, szén és vaskarbid (Fe_3C) ötvöze alkotta, 0,5% és 2,3% közötti mennyiségben kémiailag kötött szenet tartalmazó vas.

A MOSz 112:1933 szabvány szerinti acélok és betonvasak jelében az utolsó két szám (12) a szabvány számának (112) utolsó két száma.

** A Szakítószilárdság/Folyáshatár hányados számított érték, amely ezekben a termékszabványokban nem szerepel, nem előírás.

Az acélanyagok vizsgálatánál használatos jelöléseket tárgyaló egykori MOSz 102:1933 szabványban „folyási határ viszonyzáma” megnevezéssel megtalálható a σ_s folyáshatár és a σ_B szakítószilárdság hányadosának σ_s/σ_B jelölése, de erre vonatkozó előírások a korabeli szabványokban nem találhatók.

*** A δ_{10} nyúlás hosszú arányos pálcán szakadás után mért „teljes nyúlás” (δ_B), azaz az $L_{0;10d} = 10 \times d_0 = 11,3 \times \sqrt{F_0}$ kezdeti (eredeti) mérőhosszú próbapálcán a szakadás után mért maradó nyúlás, ahol F_0 a próbapálcá eredeti keresztmetszeti területe (MOSz 105:1933).

**** A szakadási nyúlás jelében lévő $5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ index magyarázata: $S_0 = (\pi \cdot d^2)/4 \rightarrow d = \sqrt{4 \cdot \frac{S_0}{\pi}} = 1,128379 \cdot \sqrt{S_0}$ és $5 \cdot d = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$, ahol S_0 a próbapálcá eredeti keresztmetszeti területe (MSZ EN ISO 6892-1:2020).

- Az MSZ/T 339:2012 melegen hengerelt betonacél termékszabvány-tervezetre hivatkozással az ÉMI Nemzeti Műszaki Értékelést adott ki 2019. május 10-én.

- Az MSZ EN 10080:2005 érvényes hegeszthető betonacél termékszabvány azért nem szerepel ebben a táblázatban, mert a mechanikai tulajdonságokra nem tartalmaz követelményértékeket.

Lásd még: Acél alakíthatósága, Átmeneti hőmérséklet, Betonacél hidegalakítása, Betonacél melegalakítása, Folytvas, Szénacél

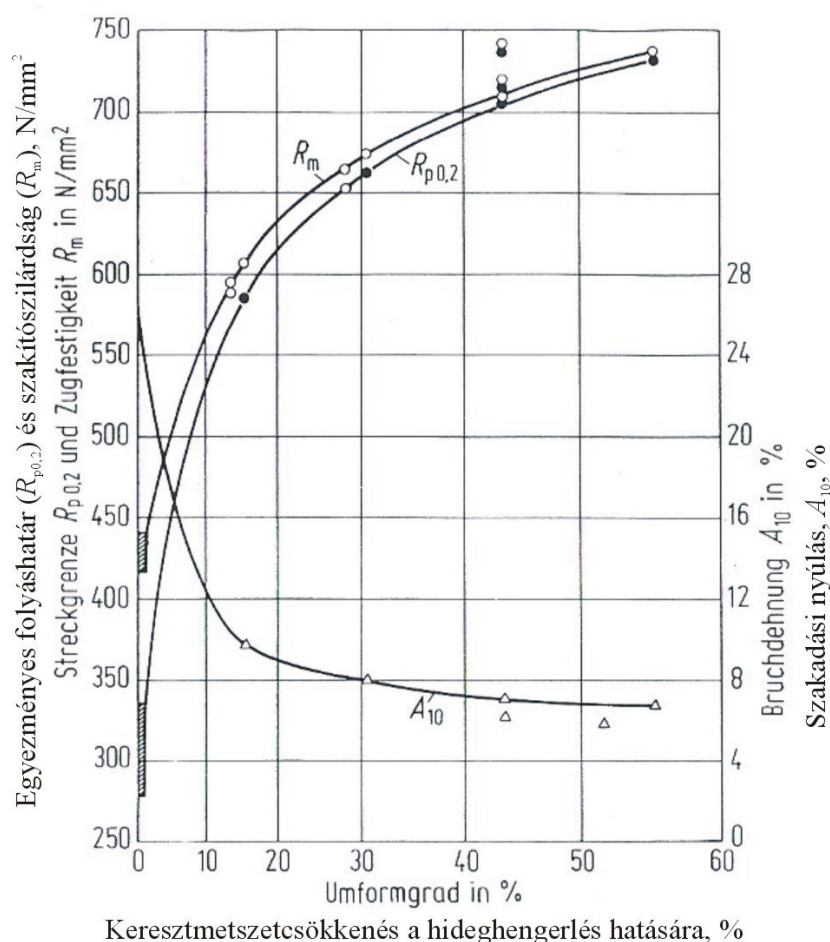
Betonacél folyási nyúlása

Lásd: Folyási nyúlás

Betonacél hidegalakítása

Betonacélt a XX. század elejéig kizárólag melegen hengerelt folytvasból (folytacélból) készítettek, amelynek végszilárdsága pusztán a kémiai összetételtől függött. Először az 1920-as években gyártottak melegen hengerelt acélból olyan kisátmérőjű húzott acélhuzalt, amelynek eredeti tulajdonságait a meleghengerlést követő hidegalakítással módosították.

A hidegalakításhoz szükséges képlékeny alakváltozás a melegen hengerelt acél rugalmassági határa feletti, gyakorlatilag az acél tényleges, határozott folyáshatáránál nagyobb húzófeszültséggel ébreszthető. Az melegen hengerelt acél a hidegalakítás hatására a tényleges folyáshatárát elveszíti, σ - ϵ görbéje határozott folyáshatár nélkülivé válik, szakítószilárdsága megnő, névleges folyáshatára az elvesztett tényleges folyáshatárnál nagyobb lesz, nyúlása és alakíthatósága csökken (1.5.B6. ábra), továbbalakítás (például hajlítás) során könnyen eltörik vagy elszakad. A hidegen alakított betonacélok rendszerint az „A” duktilitási osztályba (alakíthatósági osztályba) esnek. (Palotás, 1979, 2. kötet), (Rußwurm, 1993), (Scholz et al., 2011). (Schnell et al., 2012), (Klausen et al., 2013)

**1.5.B6. ábra:**

A hideghengerlés hatása a keresztmetszet-csökkenés függvényében az egyezményes folyáshatárra ($R_{p0,2}$), a szakítószilárdságra (R_m) és a szakadási nyúlásra (A_{10}) (Rußwurm, 2000)

Napjaink legalább 500 N/mm² jellemző értékű (karakterisztikus értékű) névleges folyáshatárú hidegen alakított betonacéljait általában mintegy 290-360 N/mm² folyáshatárú, illetve mintegy 410-480 N/mm² szakítószilárdságú melegen hengerelt köracélból, mint kiindulási anyagból, a képlékeny alakváltozás tartományában hideghúzással vagy hideghengerléssel gyártják; a csavarást ma már nem alkalmazzák.

Az EN 10080:2005 szabvány szerinti hidegen alakított betonacélok előírt folyáshatárát és szakítószilárdságát az 1.5.B5. táblázatban tüntettük fel.

1.5.B5. táblázat: Példa a hidegen alakított betonacélok szabványos jelére, előírt folyáshatárára és szakítószilárdságára

Termékszabvány jele	Acél jele Példa	Folyáshatár N/mm ²	Szakítószilárdság N/mm ²
Hidegen alakított betonacél vasbeton szerkezetekhez			
EN 10080:2005 (A szabvány a melegen hengerelt betonacélokra is tartalmaz előírásokat.)	Nincs jel	0,2 %-os egyezményes folyáshatár jellemző értéke legalább 500	például min. 1,05×500=525
EN 10027-1:2005 jelölési rendszer	B500A ⁹⁾	0,2 %-os egyezményes folyáshatár jellemző értéke legalább 500	például min. 1,05×500=525

A visszavont DIN 1045-1:2008 német méretezési szabvány szerint a B500A jelű (annak idején BSt 500 A jelű) betonacél duktilitása 1,05-1,08 közötti érték és legnagyobb terheléskor mért teljes fajlagos nyúlása ($A_{gt} = \varepsilon_{uk}$) legalább 2,5% („A” duktilitási osztály) volt.

➤ **HIDEGHÚZÁS**, dróthúzás, nyújtás (németül: Kaltziehen, Drahtziehen, Recken)

Hideghúzás során a melegen hengerelt huzalt hideg állapotban egyre kisebb nyílásokon húzzák át. Az utolsó nyílás átmérője megegyezik a sima, hidegen húzott betonhuzal kívánt végső névleges átmérőjével.

Hidegen húzott sima betonhuzal például a német:

- B500A+GK (DIN 488-1:2009) sima betonhuzal (sima: G = Glatt, hidegen: K = Kalt), amelynek:
 - névleges átmérője (d_s): 4-12 mm
 - folyáshatára (R_e): legalább 500 N/mm²
 - duktilitása: legalább 1,05, legfeljebb 1,08 („A” duktilitási osztály)
 - legnagyobb terheléskor mért teljes fajlagos nyúlása (A_{gt}): legalább 2,5%
 - szállítási alakja: szál vagy tekercs
 - alkalmazási területe: gyárilag készített betonacélváz
 - Megjegyzés: A betonhuzal megnevezése angolul: steel wire, reinforcing wire; németül: Bewehrungsdraht

Az MSZ 15033:1979 szabvány szerint a hidegen húzott acélhuzal körszelvénnel, sima felülettel vagy lapított körszelvénnel, csavarbordás felülettel, hideghúzással, feszültségmentesítés nélkül vagy feszültségmentesítéssel gyártott és tekercsben forgalomba hozott acélgyártmány volt.

➤ **HIDEGHENGERTLÉS** (németül: Kaltwalzen)

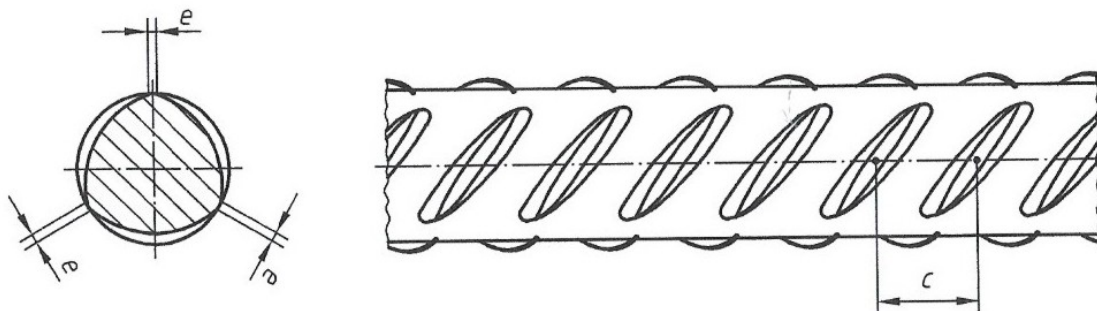
Hideghengerlés során a betonacélt vagy betonhuzalt a hideghúzástól eltérően nem egyre kisebb nyílásokon húzzák keresztül, mint a hidegen húzott betonhuzalt, hanem egy vagy több hengerállványon vezetik át, miközben a hengerek nyomása az eredeti átmérőt a kívánt névleges átmérő csökkenti.

A melegghengerlés utáni hideghengerlést olykor nyújtásnak (németül: Recken) is nevezik, de minthogy a hideghengerlés során húzóerők nem működnek, ezért a hideghengerlés fogalmát nem szabad a húzással (németül: Ziehen), nyújtással (németül: Recken), nyújtóhúzással (németül: Streckziehen) összetéveszteni.

Hidegbordázás során a melegen hengerelt betonacélt a fent leírt módon hidegen húzzák, majd ezt követően a bordaközöket hideg profilhengerléssel sajtolják a hidegen húzott betonacélba. A tekercs alakjában szállított hidegen bordázott betonacélt egyenes vagy hajlított alakban alkalmazzák.

Hidegen bordázott betonacél (1.5.B7. ábra) például a német:

- a B500A+RK (DIN 488-3:2009) bordázott betonacél (bordázott: R = Rippt, hidegen: K = Kalt), amelynek:
 - névleges átmérője (d_s) általában: 6-12 mm
 - folyáshatára (R_e): legalább 500 N/mm²
 - duktilitása: legalább 1,05, legfeljebb 1,08 („A” duktilitási osztály)
 - legnagyobb terheléskor mért teljes fajlagos nyúlása (A_{gt}): legalább 2,5%
 - szállítási alakja: tekercs
 - alkalmazási területe: egyenes vagy hajlított betonacél
 - Megjegyzés: A tekercsben szállított betonacél megnevezése angolul: Reinforcing steel in rings; németül: Betonstahl in Ringen

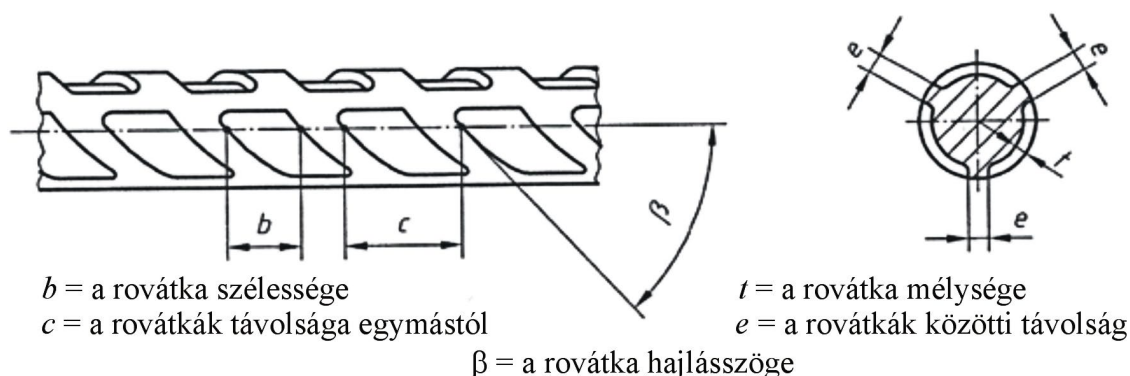


1.5.B7. ábra: Tekercsben szállított hidegen bordázott betonacél három sor ferde bordával (Gerippter Betonstahl in Ringen, DIN 488-3:2009)

Hidegrovátkolás annyiban különbözik a hidegbordázástól, hogy a hidegen húzott betonhuzalba hideg profilhengerléssel rovátkákat sajtolnak. A rovátkolt (profilozott) betonhuzal „profilja” a betonacél bordáinál sokkal laposabb, aminek következtében a felületi tapadása (csúszási súrlódása) a betonban a bordázott betonacélénál kisebb. Ezért a betonhuzalokat (steel wire, Bewehrungsstahl) szokásos helyszíni vagy előregyártási acélbetétként beépíteni nem szabad; azok csak különleges célra, például MSZ EN 1916:2003 szabvány szerinti előregyártott vasbeton csövek és idomok vagy MSZ EN 12602:2017 szabvány szerinti előregyártott autoklávolt pórusbeton (gázbeton) elemek gyártásához alkalmazhatók, oly módon, hogy a tekercsben vagy szálban forgalmazott betonhuzalokból a kívánt vasalási szerelvényt művi technológiával kialakítják.

Hidegen hengerelt rovátkolt betonhuzal (1.5.B8. ábra) például a német:

- B500A+PK (DIN 488-3:2009) rovátkolt betonhuzal (profilozott: P = Profiliert, hidegen: K = Kalt), amelynek:
 - névleges átmérője (d_s) általában: 4-12 mm
 - folyáshatára (R_e): legalább 500 N/mm²
 - duktilitása: legalább 1,05, legfeljebb 1,08 („A” duktilitási osztály)
 - legnagyobb terheléskor mért teljes fajlagos nyúlása (A_{gt}): legalább 2,5%
 - szállítási alakja: tekercs
 - alkalmazási területe: gyárilag készített betonacélváz. Vasbeton és feszített vasbeton tartószerkezetek készítéséhez nem szabad használni
 - Megjegyzés: A rovátkolt betonhuzal megnevezése angolul: profiled reinforcing wire; németül: profilierter Bewehrungsdraht



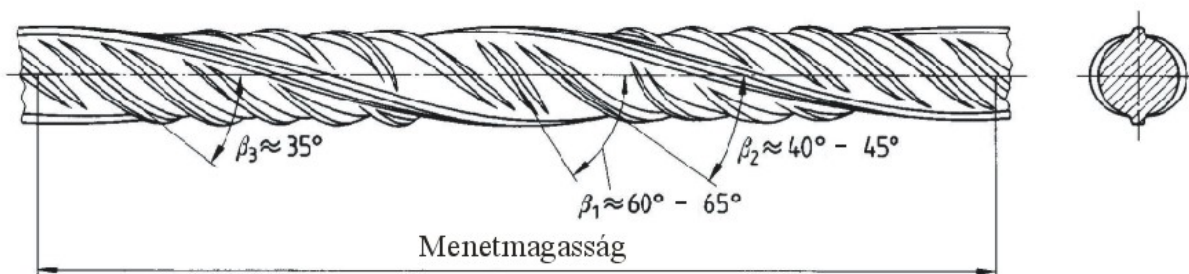
1.5.B8. ábra: Tekercsben szállított hidegen hengerelt, rovátkolt betonhuzal rovátka-kialakítása (Profiliertes Bewehrungsdraht, DIN 488-3:2009, Klausen et al., 2013)

➤ CSAVARÁS (németül: Verwinden, Verdrehen, Tordieren)

Rúdacél megcsavarásával 1935-től gyártottak csavart betonacélt, kezdetben keresztirányú bordák nélkül. Hidegen alakított ferde bordás csavart betonacél 1959-ben került forgalomba, ennek eredeti bordaformáját a jobb fáradási szilárdság érdekében később módosították. (<https://de.wikipedia.org/wiki/Bewehrungsstahl>)

Az MSZ 15033:1979 szabvány szerint a csavart betonacél meleghengerlés utáni hideg alakítással (csavarással vagy csavarással és húzással) kapott, a kiindulási hengerelt acélnál jobb szilárdsági jellemzőkkel rendelkező betonacél volt, mint például a Bcs 50.30. jelű hidegen csavart bordázott betonacél. (Baranyay et al., 1963)

Német hidegen csavart betonacél (Kaltverwundener Betonstahl) volt például a visszavont DIN 488-2:1986 szabvány szerinti ma már nem gyártott BSt 420 S jelű és BSt 500 jelű betonacél (1.5.B9. ábra). (Scholz et al., 2011)



1.5.B9. ábra: A visszavont DIN 488-2:1986 szabvány szerinti ma már nem gyártott BSt 500 S jelű hidegen csavart betonacél (Scholz et al., 2011)

Lásd még: Acélgyártás, Acél alakíthatósága, Betonacél duktilitása

Betonacél kontrakciója

Lásd: Kontrakció

Betonacél legnagyobb terheléskori nem arányos és teljes nyúlása

A fémek, így az acél, a betonacél legnagyobb terheléskori nyúlása *nem arányos nyúlás* vagy *teljes nyúlás* lehet.

Nem arányos nyúláson a képlékeny vagy más szóval maradó nyúlás értendő.

Lásd még: Folyáshatár szilárdságtani értelmezése

Betonacél maradó szakadási nyúlása

Lásd: Maradó nyúlás szakadás után

Betonacél meleghengerrése

A melegen hengerelt betonacélt a nagyolvasztóból kikerült, tisztított vasérc és hulladék vas alkotta, gyengén ötvözött nyersvasból, a konverteracélból készítik, de a betonacélgyártás kiindulási alapja az elektromos kemencében előkészített acélhulladék is lehet. A betonacél tulajdonságai a kémiai összetételtől és hőkezelés módjától függenek. (*Palotás*, 1979, 2. kötet), (*Rußwurm*, 1993), (*Erdélyi et al.*, 1998), (*Scholz et al.*, 2011), (*Schnell et al.*, 2012), (*Klausen et al.*, 2013)

A gyengén ötvözött konverteracél (németül: mikrolegierter Konverter-Stahl) és a gyengén ötvözött elektroacél (németül: mikrolegierter E-Ofen-Stahl) ötvözői: a szén (C), a szilícium (Si), a mangán (Mn), a foszfor (P), a kén (S), a réz (Cu), az ón (Sn), a króm (Cr), a nikkel (Ni) és a vanádium (V). A konverteracélban kevesebb a kisérelem (mikroötvözőelem), például a réz, az ón, a króm stb., mint az elektroacélban (*Rußwurm*, 1993).

A betonacélok kémiai összetételét, azon belül a B 50.36 jelű betonacél alumínium (Al), vanádium (V), nióbium (Nb) és cirkónium (Zr) mikroötvözőelemeinek mennyiségét a napjainkban is érvényes MSZ 339:1987 szabványban előírták.

Mind a folyékony konverteracélt, mind a folyékony elektroacélt tuskókba vagy a folyamatos öntőgépbe öntik. A tuskókat megfelelő alakúra előhengerlik, a folyamatos öntőgépből pedig általában a további feldolgozáshoz szükséges alakú öntetek (bugák) kerülnek ki. (*Rußwurm*, 1993)

Az így előkészített, megfelelő alakú előhengerelt bugákból a melegen hengerelt betonacélt meleghengerrés utáni hőkezelés nélkül vagy meleghengerrés utáni hőkezeléssel gyártják (DIN 488-1:2009).

A meleghengerrés utáni hőkezelésre leggyakrabban a liege-i belga Kohászati Kutatóközpontban (CRM, Centre de Recherches Métallurgique) 1974-ben kifejlesztett úgynevezett Tempcore-eljárást alkalmazzák, amelynek során a még izzó acélt vízzel hirtelen mintegy 1000 °C-ra hűtik. Ezen a hőmérsékleten az acél felülete megkeményedik, a felületen a martenzites szövetszerkezet, az betonacél belsejében pedig az ausztenites szövetszerkezet alakul ki. Ekkor a betonacél belsejében a hőmérséklet még mindig olyan magas, hogy az acél a hűtő-gyártósort elhagyva belülről ismét felmelegszik (megereszkedik). A Tempcore-eljárással a melegen hengerelt hőkezelt (megeresztett) betonacél tulajdonságai megfelelnek a szabványos követelményeknek, nő a duktilitása (alakíthatósága), javul a képlékeny alakváltozási képessége és nő a szilárdsága, a belső feszültségek pedig csökkennek. A melegen hengerelt betonacélnek határozott folyáshatára van. (*Rußwurm*, 1993)

A Tempcore-eljárással készült betonacélfajta – ma gyakorlatilag világszerte minden betonacél ezzel a technológiával készül – alapvető tulajdonságainak vizsgálata és alkalmazási feltételeinek kidolgozása *Gallus Rehm*⁴⁵ professzor nevéhez fűződik. (Vasbetonépítés. XXIII. évfolyam. 2021. 1. szám. pp. 20-21.)

⁴⁵ *Gallus Rehm* (1924, Nyomja, Baranya megye – 2020, München) professzor a budapesti Német Gimnáziumban érettségizett. 1947-1951 között a Münchener Műszaki Főiskola (ma Műszaki Egyetem) Építőmérnöki Karán tanult. 1951-1963 között a Münchener Egyetemern dolgozott *Hubert Rüsch* (1903, Dornbirn, Ausztria – 1979, München) professzor tudományos munkatársként. 1963-ban Münchenben saját mérnöki irodát és acélbetétvizsgáló laboratóriumot alapított. 1968-tól 1973-ig a Braunschweigi Műszaki Egyetem Építőanyag és Vasbetonszerkezetek Intézetét vezette. Fő kutatási területei a vasalás, a tűzállóság, az épületfizika, az épületkémia, a korrózió különleges esetei és a rögzítéstechnika voltak. 1973 és 1990 között a Stuttgarteri Egyetem Épületszerkezeti Anyagok Tanszékét vezette és az Otto-Graf Intézet igazgatója volt.

Kutatási területe szerteágazó volt, például: feszítőacélok feszültség alatti korróziója és a vasalás fáradása, kis repedéstágasságot eredményező vasalási rendszerek kidolgozása, a vasalás hegesztése, minőségellenőrzés statisztikai alapon, egyenes és hajlított bordázott acélbetétek lehorgonyzási hosszának meghatározása stb.

Lásd még: Acélgyártás, Betonacél, Betonacél duktilitása

Betonacél nyúlása

Lásd: Fémek tényleges nyúlása, Határozott folyáshatár nélküli fémek nyúlása

Betonacél szakadási nyúlása

Lásd: Maradó nyúlás szakadás után, Teljes nyúlás szakadáskor

Betonacél szakítóvizsgálati próbatest jeltávolsága

A fémek szakítószilárdságát kör, négyzet, derékszögű négyszög („lapos”), körgyűrű vagy kivételesen más keresztmetszetű (például hatszög keresztmetszetű, amelyet „idomnak”, „pofilnak” is neveznek) próbatesten kell meghatározni.

A visszavont MSZ EN 10002-1:2001 és az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabványban az olyan próbatestet, amelynek eredeti jeltávolsága (L_0) és eredeti keresztmetszet területe (S_0) között az $L_0 = k \times \sqrt{S_0}$ összefüggés áll fenn, *arányos próbatestnek* (angolul: proportional test piec, németül: proportionales Teststück) nevezik. Az összefüggésben a k szorzó nemzetközileg elfogadott érték ($k = 5,65$), illetve a nemzetközileg elfogadott érték egészszámu többszöröse (például: $k = 11,3$); (ISO/TR 25679:2005).

Ha az arányos próbatest keresztmetszetét ugyanakkorra területű körkeresztmetszettel helyettesítjük, akkor a körkeresztmetszetű arányos próbatest nemzetközileg elfogadott eredeti jeltávolsága a próbatest átmérőjének (d_0) a függvényében a következő:

$$L_0 = k \times \sqrt{S_0} = k \times \sqrt{\frac{\pi}{4}} \times d_0 = k \times 0,886 \times d_0 = 5 \times d_0,$$

illetve a nemzetközileg elfogadott érték egészszámu többszöröse, például: $L_0 = 10 \times d_0$.

A „*nem arányos próbatest*” (angolul: non-proportional test piec, németül: nichtproportionales Teststück) eredeti jeltávolságát (L_0) a próbatest eredeti keresztmetszeti területétől (S_0) függetlenül szabad kijelölni.

A próbatest „*eredeti jeltávolságán*” (L_0) annak terhelés előtti hosszát értjük.

A próbatest „*végső jeltávolsága*” (L_u) az eredeti jeltávolságnak szakadás után gondosan összeillesztett két próbatestdarabon mért hossza.

A „*nyúlásmérő jeltávolság*” (L_e) a próbatest fejrészekben belüli, úgy nevezett párhuzamos szakaszának az a része, amelyen a megnyúlást *nyúlásmérő műszerrel* mérik. A nyúlásmérő műszer a szakadási nyúlás (maradó nyúlás szakadás után) mérésére alkalmatlan, ezért az L_e jeltávolság:

- *nyúlásmérő jeltávolságként* csak legfeljebb a legnagyobb terheléshez tartozó nyúlás esetén értelmezhető;
- *szakadási jeltávolságként* pedig csak a próbatest befogások közötti, a szakadás pillanatában mért hosszát jelentheti.

A „*megnyúlás*” a terhelés bármely pillanatában mért jeltávolság és az eredeti jeltávolság különbsége (ΔL).

Gallus Rehm professzor 1984-ben lett a Braunschweigi Műszaki Egyetem díszdoktora. 1989-ben megkapta a Német Szövetségi Érdemkereszt 1. Osztálya kitüntetését. 1991-ben a budapesti műegyetemi díszdoktorrá avatása alkalmával alapította meg a „*Dr. Gallus Rehm Alapítvány*”-t a BME Építőanyagok és a Vasbetonszerkezetek Tanszékek hallgatói és fiatal kutatói számára. Kiemelkedő szakmai tevékenységét és hűségét az óhazához 2004-ben a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata *Palotás László*-díjjal ismerte el. (Vasbetonépítés. XXIII. évfolyam. 2021. 1. szám. pp. 20-21.)

A „nyúlás” a megnyúlásnak (ΔL) az eredeti jeltávolságra (L_0), illetve a nyúlásmérő jeltávolságra (L_e) vonatkoztatott (fajlagos) értéke, általában százalékban kifejezve.

Az egykori MOSz 105:1933 szabványban az acélvizsgálati próbapálcát $\ell_0 = 10 \times d_0 = 11,3 \times \sqrt{F_0}$ mm mérőhossz esetén „hosszú arányos” pálcának, $\ell_0 = 5 \times d_0 = 5,65 \times \sqrt{F_0}$ mm mérőhossz esetén „rövid arányos” pálcának nevezték, és d_0 jellel a próbapálca vizsgálat előtti keresztmetszetével egyenlő területű ($F_0 = 0,25 \times \pi \times d_0^2$) kör átmérőjét jelölték; és szóltak a régebbi magyar hídszabályzatbeli, valamint a francia, angol és osztrák szabványos pálca mérőhosszáról is.

Lásd még a többi „Betonacél” kezdetű fogalom szócikkét.

Betonacél szívóssága

Lásd: Acél szívóssága

Betonacél teljes szakadási nyúlása

Lásd: Teljes nyúlás szakadáskor

Betonadag

A betonkeverőgép egy műveleti ciklusa alatt készített vagy a folyamatosan működő betonkeverőgépből 1 perc alatt ürített friss beton mennyiség (MSZ 4798:2016 szabvány 3.1.3.2. szakasz), esetenként megadandó mértékegységben (például laza vagy tömör állapotban értelmezett m^3 stb.).

Betonfedés

A betonfedés vasbeton vagy feszített vasbeton esetén a vasszerelés szélső pontja és a szerkezeti elem legközelebbi felülete közötti betonréteg vastagsága, illetve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.1. szakasza (1)P pontjának megfogalmazásában „a vasalás (beleértve – ha vannak ilyenek – az összekötő vasalást, a kengyeleket és a kéregvasalást is) legközelebbi betonfelület felé eső felületének és a legközelebbi betonfelületnek a távolsága”.

Mértékegysége: mm

A betonfedéssel részletesen *könyvünk 6. fejezetében* foglalkozunk

Betonfedés, előírt legkisebb

A betonfedés előírt legkisebb értéke ($c_{\min}$), amely a Δc_{dev} kötelező ráhagyással megnövelve az előírt névleges betonfedést (c_{nom}) adja.

Az előírt legkisebb betonfedés ($c_{\min}$) a tapadási követelmények miatt szükséges legkisebb betonfedés ($c_{\min,b}$) és a betonacélok és a feszítőacélok korrózióvédelme, illetve a tartósság, valamint a tűzvédelem és a kopásállóság érdekében szükséges legkisebb betonfedés ($c_{\min,dur}$) közül a nagyobb érték, de legalább 10 mm. Mértékegysége: mm

Ha kivitelezéskor teljesül a legkisebb betonfedés előírt értéke, akkor a vasszerelés átvehető.

Betonfedés, kötelező ráhagyás

Kötelező ráhagyás (Δc_{dev} , deviation = eltérés), amellyel az előírt legkisebb betonfedést ($c_{\min}$) meg kell növelni, miáltal az előírt névleges betonfedést (c_{nom}) kapjuk. Mértékegysége: mm

Betonfedés, névleges

A névleges betonfedés (c_{nom}) az előírt legkisebb betonfedésnek ($c_{\min}$) a Δc_{dev} kötelező ráhagyással megnövelt, előírt értéke ($c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}}$). A szerkezeti terveken a névleges betonfedést kell feltüntetni. Mértékegysége: mm

Betonfedéspalást (Opferbeton, Sacrificial concrete)

A c_{nom} névleges betonfedéshez hozzáadandó Δc_{Opfer} vastagságú, a betonfedést védő, kémiai és mechanikai károsodását csökkentő, „feláldozható kármentő” réteg (elvesző kéreg), amelyet elsősorban Németországban alkalmaznak a kémiai korrózió és a koptató hatás okozta betonfedés, illetve szerkezeti elem méretcsökkenésének kiegyenlítésére. A kémiai korrózió környezeti osztályában a DBV Merkblatt „Chemischer Angriff” (2014) műszaki útmutató, a német XM kopásállósági környezeti osztályban a visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány alkalmazza.

Betonfedést csökkentő összetevő

A bevonattal ellátott beton legkisebb betonfedését $\Delta c_{dur,add}$ összetevővel, de legfeljebb 20 mm-rel szabad csökkenteni. Korrózióálló betonacélok alkalmazása esetén a legkisebb betonfedést a $\Delta c_{dur,st} = 5$ mm összetevővel szabad csökkenteni (dur $\rightarrow$ durability = tartósság; st $\rightarrow$ stainless = rozsdamentes acél).

Mértékegysége: mm

Beton felpuhulása, fellágyulása

Lásd: Szálerősítésű beton reológiai modellje

Beton jele

Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:218 és MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a beton jele a következő tagokból áll (a beton jele tagjainak sorszámát fekete körben tüntettük fel, ha azok szerepeltetése kötelező, és fehér körben, ha azok a beton jelében feltételesen szerepelnek):

- ❶ *Nyomószilárdsági osztály* betűjellel és két számjellel (számértékkel) kifejezett jele, például szokványos (közönséges, normál) beton esetén: C30/37, könnyűbeton esetén: LC30/33.

Megjegyzések:

- Nehézbeton esetén például a HC betűjel használatát – következetessége és gyakorlatiassága ellenére – a szabvány nem írja elő, így a gyakorlatban helyette általában a C betűjelet alkalmazzák.
- A nyomószilárdsági osztály jelében szereplő első, a tört vonal előtt álló számjel a $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek nyomószilárdságának $f_{ck,cyl}$ jelű előírt karakterisztikus (jellemző) értéke, N/mm² (MPa) mértékegységben.
- A nyomószilárdsági osztály jelében szereplő második, a tört vonal után álló számjel a 150 mm élhosszúságú, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, eredeti sablonoldali nyomott felületű, 28 napos korú beton próbakockák nyomószilárdságának $f_{ck,cube}$ jelű előírt karakterisztikus (jellemző) értéke, N/mm² (MPa) mértékegységben.
- Egyazon előírt karakterisztikus (jellemző) érték vagy nyomószilárdsági osztály az alulmaradási tágasságra vonatkozó szabványintézkedéstől függően más-más előírt átlagos nyomószilárdsági értéket takarhat, mint azt például az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 és MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve az utóbbit követő MSZ 4798:2016 szabvány O mellékletének példája mutatja. Az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerinti nagyobb elfogadási valószínűséghez (mintegy 70%), illetve kisebb alulmaradási tágassághoz kisebb átlagos nyomószilárdság tartozik, mint az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti kisebb elfogadási valószínűséghez (mintegy 50%), illetve nagyobb alulmaradású tágassághoz (Kausay, 2006/2, 2013).

- ①⁺ Ha a nyomószilárdságot közel 50% *elfogadási valószínűség* mellett – az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint, az Eurocode 2 szabvány alapján – értékelik és ellenőrzik, akkor függetlenül a nyomószilárdság nagyságától a nyomószilárdsági osztály ① szerinti jele után mindig fel kell tüntetni az 50%-os elfogadási valószínűségre utaló AC₅₀(H) kísérelőjelet, például: C30/37-AC₅₀(H).

Megjegyzés:

Az AC₅₀(H) kísérelőjelet szóköz (space) nélkül kötőjellel írjuk a nyomószilárdsági osztály jele után, ezzel is hangsúlyozva e jelek egymáshoz tartozását, eszmei elválaszthatatlanságát.

- ② Ha a beton *könnyűbeton* vagy *nehézbeton*, akkor a beton nyomószilárdsági jele után szerepeltetni kell a megszilárdult beton *testsűrűségi osztályának* jelét, például: D1,8, D2,6, vagy a tervezett értéket.
- ③ *Környezeti osztály vagy osztályok* jele, például: XC4, vagy több környezeti osztály esetén: XC4 – XF1 – XA2.

Megjegyzések:

- Ha a környezeti osztályhoz tartozó ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály csak a beton 28 napos kora után, az utószilárdulás folyamán, *90 napos korra teljesül* – és ezt írásban igazolják –, akkor azt a környezeti osztály jelében „90” alsó indexszel kell jelezni. Például: XD2₉₀(H). Ebben az esetben a beton jelében meg kell adni az alkalmazandó cement jelét is.
- Ha valamely környezeti osztályt magyar nemzeti szabvány vezet be, akkor a környezeti osztály jelében fel kell tüntetni *Magyarország nevének rövid jelét* (H), például: X0b(H), X0v(H), XD2₉₀(H), XF2(H), XA5(H), XK1(H), XV0(H), XV1(H). Ezt a szabályt kell alkalmazni a magyar szabványok bevezette egyéb jelölések esetén is, olykor alsó indexbe írva a H betűt, például: $f_{ck,cube,H}$ (MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha a jelet másik magyar szabályozó irat vezet be, akkor ugyanígy kell eljárni.

- ④ Adalékanyag névleges *legnagyobb szemnagyságának* a számértéke, például: 24 mm.
- ⑤ Ha a beton adalékanyaga nem homokos kavics, az *adalékanyag megnevezése*, amellyel a beton készül, például: zúzottkő és megadva annak fajtáját (például bazalt, andezit, dolomit, duzzasztott agyagkavics, barit, ilmenit, magnetit, hematit stb.), vagy barit, duzzasztott agyagkavics stb.
- ⑥ *Konzisztencia osztály* jele, például: F3; vagy a konzisztencia jele a mérőszám határértékeivel, például: F3 (420-480 mm), vagy a konzisztencia jele a mérőszám átlagértékével és a tűréssel például: F3 (450±30 mm).

Megjegyzések:

- A konzisztencia osztály jele a kivitelezővel kötendő szerződésben akkor is egyértelműen (egyetlen jellel) rögzítendő, ha a beton jelének megadásakor vagy a betontervezés során a konzisztencia mérési módszer mibenléte még nem volt ismert, és az előíró vagy tervező a konzisztencia jelét két mérési módszerhez illesztve is megadta, például terülméréssel: F3 és alternatívaként roskadásméréssel: S2.
 - Az önterülő-öntömörödő beton konzisztenciáját az MSZ 4798:2016 szabvány öntömörödő betonokra vonatkozó konzisztencia osztályainak jelével kell megadni.
- ⑦ Ha a betonnak a *cement* tömegére vonatkoztatott megengedett *kloridiontartalma* 0,2 tömeg% – útbeton esetén 0,4 tömeg% (MSZ EN 13877-1:2013) – akkor azt a beton jelében nem kell megadni, ha ennél kisebb, akkor a megengedett kloridiontartalom jelét a beton jelében szerepeltetni kell, például fészített vasbeton esetén: Cℓ 0,10.
- ⑧ Ha a kiíró követelményként megadja a *cement* minőségét és esetleg a *II. típusú kiegészítőanyag* minőségét is, akkor annak, illetve azok jelét a beton jelében fel kell

tüntetni (például: CEM I 42,5 vagy CEM I 42,5 – Szilikapor).

⑨ Ha a beton *tervezési élettartama* 50 év, akkor a tervezési élettartamot a beton jelében nem kell megadni, ha ettől eltérő (például: 100 év), akkor azt a beton jelében fel kell tüntetni.

⑩ A beton jele végén szerepeltetni kell a szabvány jelzetét egyszerűen csak így: MSZ 4798 A betonjel tagjait egymás után, két szóköz (space) közé írt gondolatjel (hosszú kötőjel) közbeiktatásával tüntetjük fel,

- ha a beton nyomószilárdságát mintegy 70% *elfogadási valószínűség* mellett értékelik és megfelelőségét az MSZ4798:2016 szabvány O melléklete szerint ellenőrzik, akkor például így:

① – ② – ③ – ④ – ⑤ – ⑥ – ⑦ – ⑧ – ⑨ – ⑩

- ha a beton nyomószilárdságát közel 50% *elfogadási valószínűség* mellett értékelik és a megfelelőségét – az Eurocode 2 szabvány előírásához közelítve – az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint ellenőrzik, akkor például így:

①⁺ – ② – ③ – ④ – ⑤ – ⑥ – ⑦ – ⑧ – ⑨ – ⑩

A tervezői műszaki leírásnak, a betontechnológiai előírásnak, illetve a beton megrendelő és szállítási dokumentumának a *beton jelén kívül* tartalmaznia kell minden olyan követelményt, amelyet az építmény vagy a beton készítésével, illetve átadás-átvételével kapcsolatban a beton jelén kívül előírnak. Ilyen például a betont befogadó építmény szerkezeti osztálya, a beton nyomószilárdsága karakterisztikus (jellemző) értékének kiszámításához szükséges alulmaradási tényező fajtája, illetve bármilyen más, a beton minőségével kapcsolatos egyéb követelmény (például szulfátállóság, szikramentesség, a figyelembe vett műszaki előírás vagy irányelv jelzete évszámmal együtt stb.).

Példák a beton MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:218 és MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerinti jelére:

1. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak (szokványos betonnak) a jele, amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják, vagy roskadásméréssel kell meghatározni, és a roskadási mértéknek 50–90 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S2, a következő:

C30/37 – XC3 – 24 – S2 – MSZ 4798

2. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből építményen belüli vasbeton keretszerkezet épül, névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420–480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37 – XC3 – 24 – F3 – MSZ 4798

3. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% *elfogadási valószínűség* mellett értékelték, és amelyből csúszózsálas építésmóddal CEM I 42,5 N-SR 0 szulfátálló portlandcement- és szilikaportartalmú vasbeton siló épül, névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van és tömörítési mértéke 1,11–1,25 közé esik, tehát konzisztencia osztálya C2, megengedett kloridiontartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,2 tömeg%, a következő:

C30/37-AC₅₀(H) – XC4 – XD1 – XF1 – XA5(H) – XK1(H) – 24 – C2 – Cl 0,20 – CEM I 42,5 N-SR 0 – Szilikapor – MSZ 4798

4. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszerrel gyártott betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből fagy és sózás hatásának kitett vasbeton híd pályaszegélye készül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 450 ± 30 mm, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37-AC₅₀(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 – MSZ 4798 vagy

C30/37-AC₅₀(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 (450 ± 30 mm) – MSZ 4798

5. *példa:* Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú (szokványos) betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből ipari szennyvíz ülepítő medence készül (környezeti osztálya XC4, XD2, XA5(H) és XV2(H)), névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája erősen képlékeny és területi mértéke 490–550 mm közé esik, konzisztencia osztálya F4, CEM I 42,5 N–SR 0 fajtájú szulfátálló portlandcementtel és metakaolin kiegészítőanyaggal készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C35/45-AC₅₀(H) – XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 – CEM I 42,5 N –SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

vagy

C35/45-AC₅₀(H) – XC4 – XD2 – XA5(H) – XV2(H) – 32 – F4 (520 ± 30 mm) – CEM I 42,5 N–SR 0 – Metakaolin – 100 év – MSZ 4798

6. *példa:* Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek az erőtani méretezés szerint szükséges nyomószilárdsági karakterisztikus (jellemző) értéke $f_{ck,cyl} = 35$ N/mm² (a környezeti hatás miatt C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton is megfelelne) és nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, amely betonból esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420–480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, *megengedett kloridtartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,10 tömegszázalék*, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C40/50-AC₅₀(H) – XC3 – 24 – F3 – C ℓ 010 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798 vagy

C40/50-AC₅₀(H) – XC3 – 24 – F3 (420–480 mm) – C ℓ 010 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

7. *példa:* Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek az erőtani méretezés szerint szükséges nyomószilárdsági karakterisztikus (jellemző) értéke $f_{ck,cyl} = 35$ N/mm² (a környezeti hatás miatt C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton is megfelelne) és nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, amely betonból esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420–480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C35/45-AC₅₀(H) – XC3 – 24 – F3 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798 vagy

C35/45-AC₅₀(H) – XC3 – 24 – F3 (420–480 mm) – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798

8. *példa:* Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszer nélkül gyártott fagy- és olvasztósóálló, kopásálló bazaltbetonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát

50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből fagy és sózás hatásának, valamint koptatóhatásnak kitett beton térburkolat készül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C40/50-AC₅₀(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 – MSZ 4798 vagy
C40/50-AC₅₀(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 (450±30 mm) – MSZ 4798

9. *példa:* Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből párás, ritkán száraz légtérű uszoda vasbeton keretszerkezete készül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 24$ mm konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C35/45-AC₅₀(H) – XC2 – XD2 – 24 – F3 – MSZ 4798

10. *példa:* Annak a C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből fagyhatár alatti, talajvízszint feletti vasbeton sávalap készül, vízfelvétele legfeljebb 4 tömeg%, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni, és a roskadási mértéknek 50-90 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S2, a következő:

C25/30 – XC2 – XV0(H) – 32 – S2 – MSZ 4798

11. *példa:* Annak a C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből káros környezeti hatásnak ki nem tett vasalt beton pincealap készül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 48$ mm, konzisztenciája kissé képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni és a roskadási mértéknek 10-40 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S1, a következő:

C16/20 – X0v(H) – 48 – S1 – MSZ 4798

12. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú öntömörödő betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amellyel vasbeton pillért köpenyeznek meg (környezeti osztálya XC3), névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 16$ mm, roskadási területe (660 – 750) mm, konzisztencia osztálya SF2), CEM I 42,5 R jelű portlandcementtel és mészköliszt kiegészítőanyaggal készül, a következő:

C30/37-AC₅₀(H) – XC3 – 16 – SF2 – CEM I 42,5 R – Mészköliszt – MSZ 4798

13. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú nehézbetonnak a megjelölése, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből sugárvédő falazat épül, átlagos testsűrűsége szilárd állapotban 2600–3100 kg/m³ közé esik, adalékanyaga barit, környezeti osztálya XC4, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 24$ mm, területi mértéke 420–480 mm közé esik, konzisztenciaosztálya F3 (azaz a konzisztenciája „képlékeny”) és a tervezési élettartama 100 év, a következő:

C30/37-AC₅₀(H) – D2,6 – barit – XC4 – 24 – F3 – 100 év – MSZ 4798

14. *példa:* Annak az LC12/13 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek a testsűrűsége szilárd állapotban 1601-1800 kg/m³ közé esik, adalékanyaga duzzasztott agyagkavics, és amelyből beltéri könnyűbeton teherbíró fal épül, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 16$ mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van, tömörítési mértéke 1,11-1,25 közé esik, konzisztencia osztályának jele a tömörítési mérték jelével kifejezve C2, a következő:

LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 – MSZ 4798 vagy

LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 (1,25-1,11) – MSZ 4798

15. példa: Annak a szilárd állapotban $1401-1600 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű, LC40/44 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, légbuborékképző adalékszer nélkül készül, anyaga beépített állapotban váltakozva nedves és száraz, fagy- és jégolvasztósó éri, adalékanyaga duzzasztott agyagkavics, névleges legnagyobb szemnagysága $D_{\max} = 8 \text{ mm}$, tömörítési mértéke kisebb, mint 1,04, és amelyből 50 év tervezési élettartamú gyalogoshíd könnyűbeton anyagú előregyártott vasbetonlemeze készül, a következő:

LC40/44-AC₅₀(H) – D1,6 – XC4 – XF4(H) – 8 – duzzasztott agyagkavics – C4 – MSZ 4798, e-UT 07.01.21 vagy

LC40/44-AC₅₀(H) – D1,6 – XC4 – XF4(H) – 8 – duzzasztott agyagkavics – C4 (< 1,04) – e-UT 07.01.21, MSZ 4798

Megjegyzések:

- Bár az e-UT 07.01.21:2016 tervezési útmutató 5.2. táblázata értelmében a közlekedésepítési célú, előregyártott könnyűbeton tartószerkezeti elemek betonjának nyomószilárdságát mind tervezéskor, mind gyártáskor minden esetben 50% elfogadási valószínűség mellett kell értékelni, célszerű erre a könnyűbeton jelében az AC₅₀(H) kísérelőjel szerepeltetésével a figyelmet felhívni.
- A könnyűbeton fagy- és olvasztósóállóságát többnyire az MSZ CEN/TS 12390-9:2018 műszaki specifikáció szerinti CDF-vizsgálattal, azaz kapilláris vízfelszívásos hámlasztással szokták meghatározni. Az e-UT 07.01.21:2016 tervezési útmutató 6.4.6. szakasza szerint kapilláris felszívásos hámlasztási vizsgálat esetén a könnyűbeton akkor tekinthető fagy- és olvasztósóállónak, ha 50 év tervezési élettartam esetén $n = 56$ ciklus szám mellett a lehámlott anyag tömege az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 9. táblázatának CDF oszlopában szereplő, a környezeti osztálytól függő határértéket nem lépi át.
- E határérték az XF4(H) környezeti osztályú beton CDF hámlasztási vizsgálati eredményeinek átlagára vonatkozólag 1000 g/m^2 , az egyedi értékekre vonatkozólag pedig 1350 g/m^2 lehámlott anyag.
- Mind a peremes hámlasztás, mind a kapilláris felszívásos hámlasztás MSZ 4798:2016 szabvány NAD 7., illetve NAD 9. táblázatában szereplő, g/m^2 mértékegységű hámlási határértéke a térfogategyenlőség elve szerint a kisebb testsűrűségű betonra nézve lazább követelmény, mint a nagyobb testsűrűségű betonra nézve, hiszen az egységnyi térfogatú könnyebb beton (például könnyűbeton) tömege kisebb, mint az egységnyi térfogatú nehezebb beton (például szokványos beton) tömege; tehát a könnyűbeton térfogatvesztése nagyobb, mint a vele egyforma tömegvesztésű szokványos beton térfogatvesztése.

Ha a könnyűbeton hámlasztásos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállósági vizsgálatai eredményének értékelése során – az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 7. és NAD 9. táblázata szerinti határértékek megtartása mellett – érvényesíteni kívánjuk a térfogategyenlőség elvét, akkor a könnyűbetonból lehámlott anyag tömegét a szokványos beton és a könnyűbeton testsűrűségének hányadosával át kell számítani a a könnyűbetonból lehámlott anyag térfogatával azonos térfogatú szokványos beton tömegére:

$$\Delta V_{\text{lehámlott anyag}} = \Delta M_{\text{könnyűbeton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}} = \Delta M_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{szokványos beton}},$$

$$\text{amelyből: } \Delta M_{\text{szokványos beton}} = (\rho_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}}) \times \Delta M_{\text{könnyűbeton}},$$

ahol a fagyasztási veszteség térfogategyenlőségi átszámítási tényezője:

$$\varphi = (\rho_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}}).$$

Az XF4(H) környezeti osztályú könnyűbeton a térfogategyenlőség elve szerint tehát akkor tekinthető fagy- és olvasztósóállóknak, ha például a CDF-vizsgálati eredményeinek átlagát tekintve $\varphi \times \Delta M_{\text{könnyűbeton, átlag}} \leq 1000 \text{ g/m}^2$, és az egyes CDF-vizsgálati eredmények tekintetében $\varphi \times \Delta M_{\text{könnyűbeton, egyes}} \leq 1350 \text{ g/m}^2$.

A szokványos betonnak a térfogategyenlőségi átszámítási tényezőben szereplő $\rho_{\text{szokványos beton}}$ testsűrűsége lehet például a könnyűbeton összetételéhez hasonló összetételű szilárd szokványos beton ismert testsűrűsége vagy a fagyasztási hámlási veszteség előírt határértékéhez (g/m^2 mértékegységben megadott megengedett legnagyobb értékéhez) rendelt szilárd szokványos referenciabeton (etalon beton) testsűrűsége.

A térfogategyenlőség elvét például Németországban a Gera folyó feletti, rudislebeni, mintegy százéves, 1982-ben áradás sújtotta erdei kerékpáros és gyalogos vasbetonhídnak az 1990-es évek végi újjáépítéséhez előregyártott 10 m hosszú és 0,4 m magas vasbeton-áthidalóelem LC40/44 nyomószilárdságú, $1,45 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű, 25 m^3 -nyi könnyűbetonjának CDF fagy- és olvasztósóállóság vizsgálata során úgy alkalmazták, hogy az előírt fagy- és olvasztósóállósági határértéket a $\varphi = 2100/1600 = 1,3125$ átszámítási tényezővel elosztották. A nevezőben az $1,45 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű könnyűbeton D1,6 testsűrűségi osztályának felső határértéke, 1600 kg/m^3 áll (König et al., 2001), (Faust, 2003).

Megjegyzendő, hogy az újjáépített rudislebeni kerékpáros és gyalogos híd az előregyártott könnyűbeton áthidalóelembe beépített, nagyszilárdságú finombetonból készített előfeszített erősítő betonrudakról is nevezetes.

16. példa: Annak az útbetonnak a jele, amelynek formában készített, $150 \times 150 \times 600 \text{ mm}$ méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának karakterisztikus (jellemző) értéke 28 napos korban legalább 4 N/mm^2 (F4,0), a kifűrt magmintából kialakított, $\varnothing 150 \times 150 \text{ mm}$ méretű, vegyesen tárolt próbahengereken meghatározott hasító-húzószilárdságának karakterisztikus (jellemző) értéke 28 napos korban legalább $2,7 \text{ N/mm}^2$ (SC2,7), fagy és olvasztósó hatása éri, légbuborékképző adalékszerrel készül és meg kell feleljen a k10/15 kopásállósági osztály követelményének, adalékanyaga 32 mm legnagyobb szemnagyságú bazalt zúzottkő, friss beton konzisztencia osztálya F2, a következő:

CP4/2,7 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Véleményünk szerint a 16. példának megfelelő transzportbeton jele szabatosan a következő:

CP-F4,0 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Megjegyzések:

- Az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet szerint a pályaburkolati betonok (útpályabetonok) betűjele CP, a betűjel után a sablonban készített, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának karakterisztikus (jellemző) értékét és törtvonal után a kifűrt magmintákon meghatározott hasító-húzószilárdságának karakterisztikus (jellemző) értékét kell feltüntetni, mindkettőt N/mm^2 mértékegységben kifejezve.
- A pályaburkolati betonok jele tartalmazza továbbá az adalékanyag legnagyobb szemnagyságát mm-ben, a friss beton konzisztencia osztályának jelét vagy konzisztenciájának mértékét, az útbeton környezeti osztályának a jelét és az útügyi műszaki előírás számát is.
- Az útpályabetonok szilárdsági osztályának jelével azonban gondjaink vannak, ugyanis a transzportbeton gyártója nem tehető felelőssé a pályalemezbe bedolgozott beton tömörségéért, utókezeléséért, a környezeti hatásoktól is befolyásolt szilárdulási folyamatáért, következésképpen a kifűrt magminta szilárdságáért; a pályaburkolatok szilárdsági jele nincs összhangban a beton jelének felfogásunk szerinti értelmezésével.

- Az MSZ 4798 betonszabvány csak akkor vonatkozik az út- és térburkolatok betonjára, ha az érvényben lévő útügyi műszaki előírás az MSZ 4798 szabványra hivatkozik.

Ajánlott, egyebek mellett felhasznált irodalom a Vasbetonépítés című folyóirat 2019. évi 4. számában megjelent dolgozat (*Balázs L. et Kausay, 2019*).

Betonkeverék (mint a betonkeverődob tartalma)

A betonkeverék értelmezése az MSZ EN 12350-1:2009 szabvány szerint a következő:

- szakaszos betonkeverőgépben egy keverési ciklusa alatt megkevert friss beton mennyisége;
- folyamatos betonkeverőgépben 1 perc alatt megkevert friss beton mennyisége;
- mixer gépkocsiban szállított és megkevert friss beton mennyisége, ha az több, mint a szakaszos vagy folyamatos betonkeverőgép fenn értelmezett betonkeveréke.

Lásd még: Minta, vizsgálati minta

Betonkorrózió

Betonkorrózió a megszilárdult beton – a szövetszerkezetet megbontó külső környezeti kémiai vagy biológiai és belső anyagtani kémiai hatások okozta – károsodásának, tönkremenetelének folyamatát értjük. A mindig a beton felületéről kiinduló külső kémiai környezeti betonkorróziót a tönkremeneteli folyamat jellegétől függően általában duzzadásos vagy oldódásos betonkorrózióknak, olykor e kettő együttesének tekintjük.

Védekezni ellene megfelelő összetételű és tömörségű beton-szövetszerkezettel, kellő vastagságú betonfedéssel (vasbeton esetén) és/vagy bevonatokkal (*Kausay, 1989*) lehet.

*W. Czernin*⁴⁶ „Zementchemie für Bauingenieure” című könyvében (1977) külön alfejezetet szentelt a beton kémiai korrózió elleni védelmének tárgyalására. Ebben arról írt, hogy a beton oldódásos korróziója ellen a portlandcementkő összetételének módosításával csak korlátozottan lehet védekezni. Igaz, hogy a könnyen oldódó kalcium-hidroxid (portlandit, Ca(OH)_2) mennyiségét a cementkőben az annak képződéséért a hidratáció során nagyrészt felelős triszilikátok bizonyos csökkentésével csökkenthetjük, de ezzel egyrészt a portlandcement szilárdulási energiáját is csökkentjük, másrészt az oldódásos korróziót – bár lassabban – a megkötött kalcium-karbonát is előmozdítja. Ezzel együtt az oldódásos korrózió ellen a legjobb védelmet a beton tömörsége nyújtja.

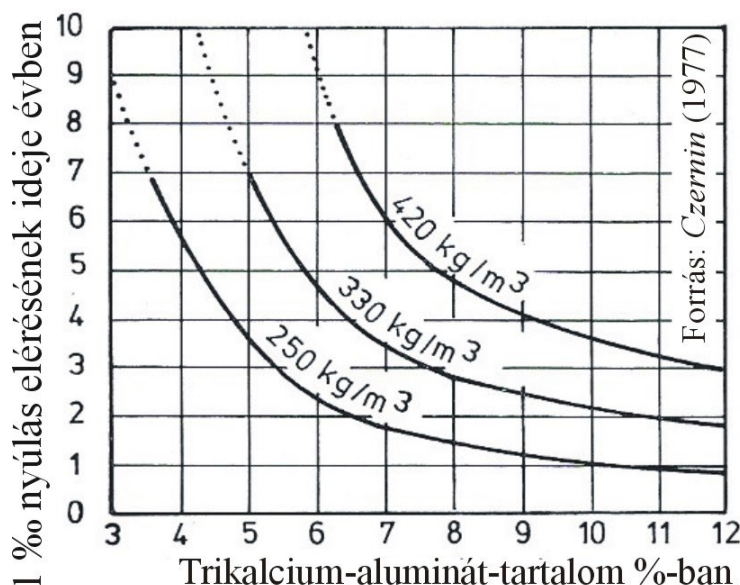
Az előregyártott beton- és vasbetonelemek tekintetében az oldódásos korrózióállóság szempontjából előnyös az autokláválás. A finomra őrölt kvarchomok jelenlétében nyomás alatti gőzkezelés (autokláválás) alatt képződő mészszegény hidroszilikátok tiszta vízzel és gyenge savakkal szemben egyaránt ellenállnak, ami hideg úton semmilyen hidraulikus kötőanyaggal nem érhető el (*Czernin, 1977*).

A beton duzzadásos korróziója ellen a portlandcementkő összetételének módosításával, szulfátálló cementekkel sokkal hatékonyabban lehet védekezni, mint az oldódásos korrózió ellen. Ha a trikálcium-aluminát hiányzik a portlandcementből, akkor a szulfátállóság jelentősen

⁴⁶ *Wolfgang Czernin* (született: 1903) német-osztrák cementkémikus, gyárigazgató. Diplomát 1929-ben a Berlin-Charlottenburg-i Technische Hochschule főiskolán szerzett. 1929 és 1932 között *Hans Kühl* professzor mellett dolgozott a Berlin-Lichterfeld-i Zement- und Mörteltechnisches Laboratorium-ban. 1932-1937 között a Tonindustrie-Zeitung szerkesztője volt. 1937-ben a Berlin-Rüdersdorf-i Ost- und Mitteldeutsche Zementwerke vezető kémikusaként dolgozott. 1949-től az osztrák cementgyári egyesület (Vereins der Österreichischen Zementfabriken) kutatóintézetét vezette, majd 1961-ben a Perlmooser Zementfabrik AG. igazgatója és elnökségi tagja lett. 1970-ben nyugdíjba ment. A Müncheni Műszaki Egyetem (Technische Universität München) *W. Czernin*nek a korszerű kötőanyagok fejlesztése terén elért eredményei elismerése jeléül 1975-ben doktori címet adományozott. Az építőmérnököknek szánt, háromszor is kiadott, javított és kiegészített „Zementchemie für Bauingenieure” című cementkémiai könyvét nyolc idegen nyelvre lefordították.

megnö. A vas-oxid arányát csak olyan mértékben kell növelni, hogy az összes alumínium-oxid tetrakalcium-aluminát ferritté alakuljon, amely vegyület nagyon ellenáll a szulfát-támadásnak, ugyanis a tetraaluminát-ferritből képződött ettringit kriptokristályos gél formában válik ki, amely nem okoz duzzadást (Czernin, 1977).

Az 1.5.B10. ábrán Tuthill (1955) a trikalcium-aluminát-tartalom és a cementtartalom függvényében fejezte ki azt az időt, amely alatt a telített szulfátos víznél (németül: Gipswasser) 20-szor nagyobb nátrium-szulfáttartalmú vízbe (a Washington állambeli, ásványokban rendkívül gazdag „Soap lake” tó vízmintájába) merített $80 \times 80 \times 400$ mm méretű betonhasáb nyúlása elérte az 1,0 ‰ értéket (Czernin, 1977).



1.5.B10. ábra: A beton szulfátállóságának mértéke a trikalcium-aluminát-tartalom és a cementtartalom függvényében (Czernin, 1977), Tuthill (1955) után

Tuthill (1955) kísérlete szerint (1.5.B10. ábra) a legsoványabb, 250 kg/m^3 cementtartalmú beton 12% aluminát-tartalommal már alig egy év alatt akkora nyúlást mutat, mint amely 3%-os aluminát-tartalom mellett mintegy 9 év után következett volna be. A kisebb aluminát-tartalmú portlandcement alkalmazása hatékonyabban javítja a szulfátokkal szembeni ellenállást, mint a nagyobb cementtartalom, illetve kisebb víz-cement tényező. A 0,40-0,45 víz-cement tényezővel és trikalcium-aluminát-mentes portlandcementből készült tömör beton az erős szulfátátadásoknak is szinte teljesen ellenáll (Czernin, 1977).

Ha a korrózióveszély nem hárítható el sem különleges cementtel, sem betontechnológiai intézkedéssel, akkor a beton felületét védőbevonattal, illetve kerámia vagy műanyag burkolattal kell ellátni, esetleg a betont higan folyós monomerrel vákuum alatt impregnálni, majd polimerizálni kell (Czernin, 1977).

Lásd még: Acélbetét korróziója, Betonfedés, Duzzadásos betonkorrózió, Kriptokristályos szerkezet, Korrózió, Oldódásos betonkorrózió

Betonköbméter

A betonköbméter a bedolgozott, tömör friss beton egy köbmétere (térfogat).

Beton lágyítása

Lásd: Kiindulási friss beton lágyítása

Betonoszkóp

Roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálatához használt műszer, amely azt a $t_{\text{ultrahang}}$ (t_{UH}) időt méri, amely alatt az ultrahang impulzus a betonban az adófej és a vevőfej közötti $L_{\text{ultrahang}}$ (L_{UH}) távolságot megteszi.

Betonösszetétel

Az 1 m³ bedolgozott friss betonban lévő cement, víz, adalékanyag, kiegészítőanyag és adalékszer tömege. A betonösszetételt minden alkotóra tömegben (kg/m³) és térfogatban (liter/m³) is meg kell adni. A betonösszetételbe a bennmaradt és az XF2, XF3, XF4 környezeti osztályban alkalmazott légbuborékképző adalékszerrel képzett levegő térfogatának tervezett értéke is beleértendő, amellyel az 1 m³ bedolgozott friss beton összetevői térfogatának összege 1000 liter. A betonösszetétel a betontervezés eredménye.

Betonpróbatestek csiszolása

A betonpróbakocka, betonpróbahenger (akár sablonban készült, akár kifűrt magminta) nyomott felületét csiszolni nem szabad, mert

- a csiszolt felületű betonpróbatesten mért nyomószilárdsági érték szabványosnak nem tekinthető,
- csiszolt felületű betonpróbatestek esetén a szabványos próbahenger/próbakocka nyomószilárdság átszámítási arány érvénytelen,
- csiszolt felületű betonpróbatestek nyomószilárdsága alapján a beton nyomószilárdsági osztályba nem sorolható.

A betonpróbatestek csiszolási tilalmával részletesebben *könyvünk 20.1.1.4. fejezetében foglalkozunk.*

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány 5.5.1.2. szakasza szerint:

„A nyomószilárdságot az MSZ EN 12390-3 szerint kell meghatározni, azzal a kiegészítéssel, hogy azoknak a próbatesteknek a teherviselésre szánt felületét, amelyek mérete vagy alakja az MSZ EN 12390-1 előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak megfelel, az MSZ EN 12390-3 szabvány 5. fejezete, illetve A melléklete szerint kiigazítani indokolatlan. Az MSZ EN 12390-1 előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak meg nem felelő méretű vagy alakú próbatestek csiszolással történő kiigazítása e szabvány szerint nem javasolt, mert a korrekciós tényezőnek jelenleg nincs közmegegyezéssel elfogadott értéke.

Az MSZ EN 12390-3 szabvány 5.2. szakasz első mondata úgy értelmezendő, hogy a nyomószilárdság vizsgálati próbatestek méretét az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete szerint meg kell vizsgálni, és ha a próbatest mérete az MSZ EN 12390-1 szerinti méretekre előírt mérettűréseken kívül esik, akkor a próbatestet nyomószilárdság vizsgálat előtt vagy kalcium-aluminát cementhabarccsal vagy kénkeverékkel vagy homokdoboz módszerrel ki kell igazítani, vagy a nyomószilárdság vizsgálatból ki kell hagyni.”

Továbbá ugyan itt olvasható: *„Ha a nyomószilárdságot szerkezetből vagy szerkezeti elemből kifűrt magmintából kimunkált próbahengerek vizsgálatával határozzák meg, akkor a próbahengerek véglapjai párhuzamosra vágottak legyenek, azokat csiszolni nem javasolt (lásd a szabvány 5.5.1.2. szakaszának (1) bekezdését). A 28 naposnál idősebb magminta próbahengerek nyomószilárdságából a 28 napos korú beton nyomószilárdságára következtetni nem szabad.”*

Beton radioaktivitása

Lásd: Sugárzás

Betonszállítmány

Egy járműben vagy szállítótartályban szállított, egy vagy több adagból álló friss beton mennyiség. MSZ 4798:2016 szabvány 3.1.3.8. szakasz), esetenként megadandó mértékegységben (például laza vagy tömör állapotban értelmezett m³ stb.).

Lásd még: Betonadag

Betontechnológiai munkameneterv

A beton építéshelyi bedolgozási, utókezelési, kiszaluzásának stb. munkálatainak terve (*Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.*)

Betontermék, betongyártmány

Termék: minden ingó dolog – akkor is, ha utóbb más ingó vagy ingatlan alkotórészévé vált –, valamint a villamos energia (1993. évi X. tv. 1. § (1) bek.).

A 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet 2. § 1. pontja szerint építési termék minden olyan anyag, szerkezet, berendezés vagy több, különböző részből összeállított elem, amelyet azért állítanak elő, hogy építménybe állandó jelleggel beépítsék.

E könyvben a „betontermék” kifejezést a „betongyártmány” szinonimájaként értelmezzük, beleértve a félkészbetonterméket is, függetlenül az előállítás közvetlen céljától és a hasznosulás módjától.

A beton-építőanyagipar alapvetően kétféle betonterméket állít elő: friss beton keverékeket és megszilárdult beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemeket. Az ezek felhasználásával monolitbetonból és/vagy előregyártott elemekből készített beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek építése nem a beton-építőanyagipar, hanem az építőipar tevékenységi körébe tartozik (*1.5.B11. ábra*).

Friss betont a transzportbetongyárakban, a betonelemgyárakban és az esetleg építéshelyen működtetett betonüzemekben állítanak elő. A transzportbetonból általában monolit beton és vasbeton szerkezetek készülnek, de a transzportbeton az építéshelyen előregyártott vasbetonelemeknek is alkotóanyaga lehet. A betonelemgyárak a friss beton keverékből elsősorban előregyártott beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemet gyártanak, de a friss betont akár transzportbetonként is hasznosítják. Az építéshelyen azért szoktak néha betonkeveréssel is foglalkozni, hogy a szükségből odatelepített építéshelyi előregyártó-üzemet friss betonnal kiszolgálják, de nem kizárt, hogy az építéshelyen kevert friss betonból monolit beton vagy vasbeton szerkezet rész is készül.

A beton, vasbeton-, feszített vasbetonelemek előregyártásához a betonelemgyárban vagy az építéshelyen kevert friss beton a betonkeverés telephelyét el nem hagyván, nem transzportbeton.

A friss betonból általában monolit beton, vasbeton vagy előregyártott beton-, vasbeton-, feszített vasbetonelem készül. A monolit betonok és az előregyártott elemek tömörítése, illetve tömörítettsége közé általában nem tehető egyenlőségjel. A monolit szerkezetek betonja végleges beépítési helyszínén, az ott uralkodó építési (ha nincsenek külön intézkedések, akkor általában az időjárási) körülmények között; az előregyártott elemek betonja a betonelemgyári vagy az építéshelyi előregyártó-üzem szabályozott körülményei között szilárdul.

A betongyártás teljes folyamatát tekintve úgy véljük, hogy a betonelemgyárakban és az építéshelyi előregyártó-üzemekben könnyebb kiemelt szintű minőségellenőrzést végezni, mint a monolit szerkezetek készítése esetén, ezért ezt a különbséget tekintjük a vasbetonszerkezetek – betonfedés (lásd *könyvünk 6. fejezetét*) szempontjából fontos – szerkezeti osztályba sorolása egyik feltételének (lásd *könyvünk 5. fejezetét*).

Ismert, hogy a friss betonból, sablonban készülő vizsgálati próbatesteket az MSZ 4798:2016 szabvány szerint szabályozott laboratóriumi körülmények között kell tömöríteni és utókezelni, amely körülmények mindenképpen eltérnek a monolit betonok és az előregyártott betonok tömörítési és szilárdulási körülményeitől, beleértve a megépült monolit vagy előregyártott szerkezetekből kifűrt vagy kivágott minták tömörítési és szilárdulási körülményeit is.

A transzportbetont és a betonelemgyári beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemeket piaci áruforgalomban értékesítik, ezért ezeket piaci termékeknek nevezzük.

A betonelemgyártási célra készített friss betont, az építéshelyen helyszíni beépítés vagy előregyártás céljából készített friss betont, a helyszíni előregyártással készült előregyártott elemeket nem hozzák piaci áruforgalomba, ezért ezeket, bár termékek, nem tekintjük piaci termékeknek (adás-vétel tárgyát képező árunak).

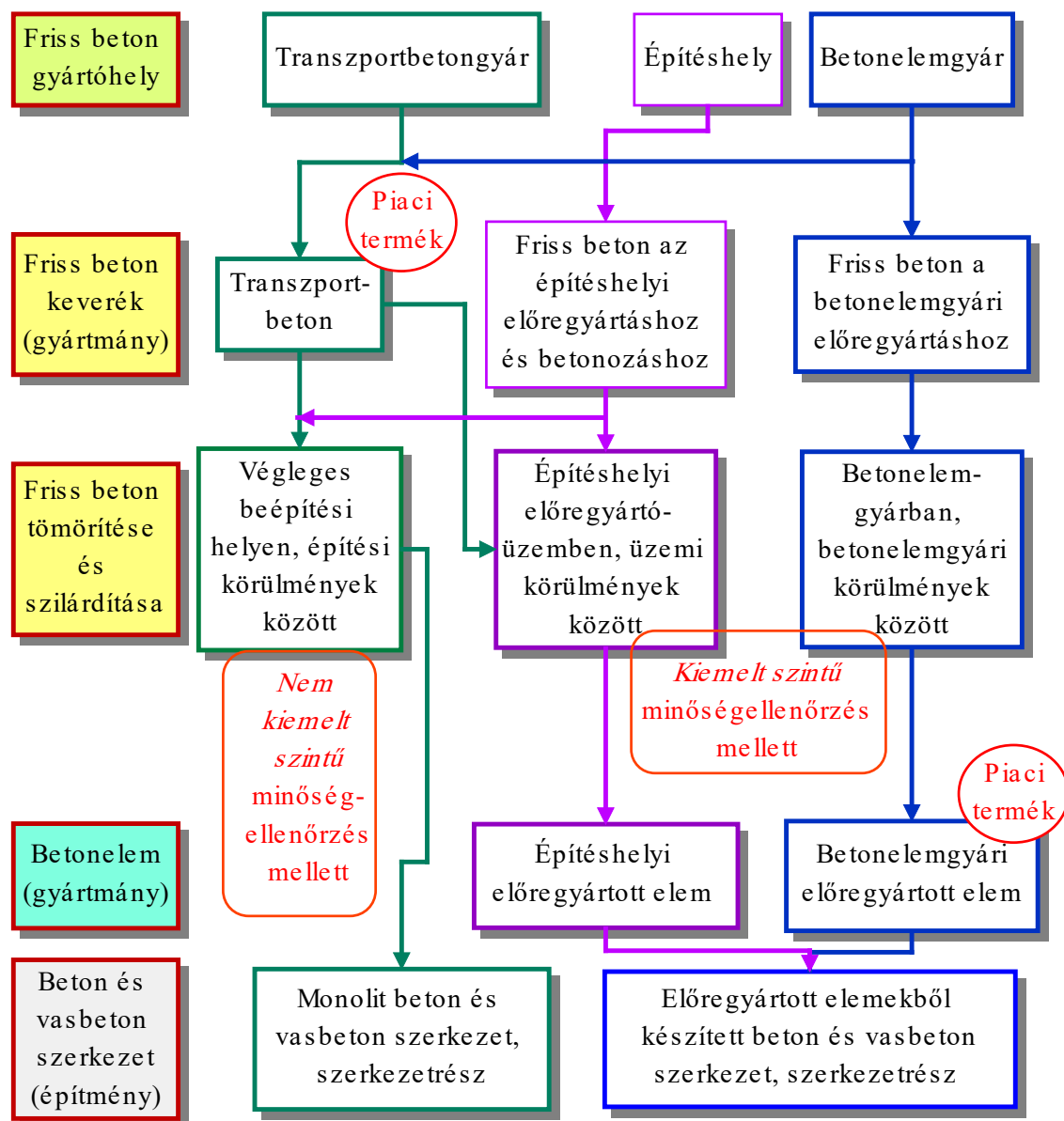
A műszaki szabályozásban ezzel szemben termék, illetve betontermék alatt általában piaci áruforgalomba kerülő vagy került betonterméket értenek. Ez azért zavaró, mert a termékszabványok nem csak ezekre, hanem a piaci értékesítésre nem szánt, a gyártó maga végezte további feldolgozás céljából készített gyártmányokra (termékekre) is vonatkoznak. Ilyen például a betonelemgyárban kevert friss beton, amelyből a betonelemgyárban előregyártott betonelemek készülnek, és amelyre ugyanaz a betontermékszabvány érvényes, mint a piaci terméket képviselő transzportbetonra (MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018). Ennek folyománya lehet, hogy az előregyártott elemek MSZ EN 13369:2013 (visszavont) és MSZ EN 13369:2024 termékszabványa a felhasználható friss betonok között azok kereskedelmi megítélése alapján nem tesz különbséget.

A betongyártmányok (betontermékek) fogalmi rendszerét bemutató *1.5.B11. ábra* első oszlopában zárójel használatával érzékeltetjük, hogy termék alatt a gyártósorról lekerülő gyártmányt értjük, felhasználásától függetlenül, tehát akár piaci termék, akár nem.

Érdemes emlékeztetnünkbe idézni a visszavont MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelvben szereplő, e szócikk fogalomköréhez tartozó fontosabb meghatározásokat is:

- Transzportbeton: az MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv szerint készített friss betonkeverék, amelynek alapanyagait a transzportbeton-üzemben mérik ki, telepített vagy mobil keverőberendezésben keverik, szállítóeszközben szállítják és a vevő felelős képviselőjének készre kevert állapotban adják át.
- A betonkeverőüzem akkor is transzportbeton-üzemnek minősül, ha betonját nem adja el betonárúként, hanem vállalata építéshelyére szállítja.
- Ha egy vállalaton belül más termelési egység keveri meg a betont, mint amelyik bedolgozza, akkor a szerkezetet (műtárgyat) készítő szervezet (építésvezetőség) a megrendelő (vevő).
- Az MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv szerint a betonkeverék átvételét követő tevékenység a vevő érdekkörébe tartozik, ezért ennek megfelelően végrehajtása nem a szállító felelőssége.

Az MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelvben a fentiekén kívül részletesen foglalkoztak a transzportbeton-üzemekkel és azok vezetésével, az üzemi berendezésekkel, a szállítóeszközökkel és a szállítással, a beton alapanyagaival, azok átvételével, továbbá a friss és a megszilárdult betonnal, a betonösszetétellel, valamint a beton készítésével szemben támasztott követelményekkel, a beton megrendelésével és szállításával, a beton átadásával és átvételével, a beton minőségének és az üzemi berendezések ellenőrzésével, a minőség tanúsításával és az adatok nyilvántartásával.



1.5.B11. ábra: Betongyártmányok (betontermékek) fogalmi rendszerének vázlata

Lásd még: Építési termék, Transzportbeton, Előregyártott beton, Termék

Beton vízigénye

A beton vízigénye az adott konzisztenciához szükséges keverővíz mennyisége, amely a beton összetételének, bedolgozhatóságának, az adalékanyag és a cement vízigényének a függvénye.

Betontervezési módszerében a beton vízigényét

- *Palotás László* a redukált víz-cement tényezővel vette számításba (*Palotás – Balázs, 1980*), lásd könyvünk 15. fejezetét,
- *Ujhelyi János* az adalékanyag és a cement vízigénye alapján, de nem azok összegeként határozta meg (*Ujhelyi, 1989 és 2005*), lásd könyvünk 17.5. fejezetét.

A betonok hozzávetőleges vízigényét például *Springenschmid (2007)* táblázatban, *Röhling és szerzőtársai (2012)* diagramban adták meg (könyvünk 17.5. fejezete).

Mértékegysége: kg/m³

Beton víztartóképesége

A beton víztartóképesége az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása során az adott konzisztenciájú betonból a cementpép elkezd kifolyni (Ujhelyi, 1989 és 2005).

Ujhelyi (1989 és 2005) különböző konzisztenciájú betonokat vizsgált, hogy Ø2 mm nyílású lyukakkal nem túl sűrűn átlukasztott palástú Ø150×300 mm méretű próbahengerből vibrálás hatására mennyi idő múlva kezd a cementpép a nyílásokon kifolyni.

Megállapította, hogy beton víztartóképeségének értéke közelítőleg megfelel a beton konzisztenciáját kifejező VEBE-méteres átformálási idő másodpercben kifejezett értékével (1.5.B6. táblázat).

1.5.B6. táblázat: A beton víztartóképesége Ujhelyi (1989 és 2005) fogalom-meghatározása és kísérletei szerint

A beton konzisztenciájának tájékoztató megnevezése					
Alig földnedves	Földnedves	Kissé képlékeny	Képlékeny	Folyós	Önthető
A beton víztartóképesége, k_v , s					
> 50	25 – 50	24 – 10	9 – 4	2 – 3	< 2

A beton víztartóképesége azt is kifejezi, hogy mennyi ideig szabad az adott víztartalmú betonkeveréket vibrálni, hogy ne következzen be szétosztályozódás.

A víztartóképeség jele: k_v , Mértékegysége: s

Béta-sugárzás

A béta-sugárzás a radioaktív bomlás során keletkező ionizáló sugárzás. A béta-sugárzás részecskesugárzás. A béta-részecskék β^- (béta-mínusz) sugárzás esetén negatív töltésű elektronok (e^- , elektron-kibocsátás), β^+ (béta-plusz) sugárzás esetén pedig pozitív töltésű pozitronok (e^+ , pozitron-kibocsátás). A pozitron az elektron antirészecskéje (azonos tömegű, de ellenkező elektromos töltésű párja). (Meiswinkel et al., 2011), (Lohaus et al., 2011), (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Béta-sugárzás>)

A béta-sugarak leárnyékolása általában mm nagyságrendű anyagvastagsággal megoldható. (Balázs, 2010)

A visszavont MSZ 62:1978 szabvány szerint a béta-sugaraknak energiájuktól függően bizonyos meghatározott maximális hatótávolságuk van. E maximális hatótávolság nagy energiájú béta-sugárzás esetén levegőben néhány méterig, a testszövetekben másfél cm-ig terjed. Így az egész szervezet ugyan kevésbé veszélyezteteti, mint a nagy áthatóképeségű gamma-sugárzás, viszont azáltal, hogy a teljes energia egy vékony rétegben nyelődik el, elsősorban a bőrt és a szemet veszélyezteteti erősen. Legnagyobb veszélynek az ujjak vannak kitéve, ha béta-sugárzó felületekkel közvetlen érintkezésbe kerülnek.

A primer béta-sugárzások ellen a béta-sugarak energiájuktól függő maximális hatótávolsága ismeretében kellő vastagságú védőlemezek alkalmazásával, tökéletesen védekezni lehet. A béta-sugárzás elleni védőanyagok kiválasztásánál figyelembe kell venni a béta-részecskék lefékezésénél keletkező fékezési röntgensugárzás fellépését is, amely magasabb rendszámú elemeknél számottevően növekszik (MSZ 62:1978, visszavont).

Béta-sugárvédelemre alacsony rendszámú atomokat tartalmazó anyagokat: grafitot, vizet, üveget, plexiüveget, műanyagot stb. kell alkalmazni. Az arc, nyak védelmére a primer béta-sugarak elleni teljes védelmet nyújt, ha a műveleteket a bétaenergiára méretezett vastagságú plexiüveg lap mögött végezzük. A kezek védelméről külön kell gondoskodni ((MSZ 62:1978, visszavont).

Lásd még: Ionizáló sugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Sugárzás

Bikromátos kémiai oxigénigény

Szinonim megnevezése: Kálium-bikromátos kémiai oxigénigény, dikromátos kémiai oxigénigény, kálium-dikromátos kémiai oxigénigény

Lásd még: Dikromátos kémiai oxigénigény, Kémiai oxigénigény

BIM

Építési információs modell, épületinformáció menedzsment (folyamatirányítás).

A „BIM” betűszó eredetileg a „Building Information Modeling” kifejezés kezdőbetűiből keletkezett, vagyis többletinformációval rendelkező virtuális háromdimenziós modellek készítését jelentette. Ma inkább a „Building Information Management” (épületinformáció menedzsment) rövidítéseként használják.

A BIM olyan CAD-alapú tervezésmódszertani folyamatok és irányelvek alkalmazásának összessége, amely lehetővé teszi az építmények létrehozásában és üzemeltetésében érdekelt szereplők számára a virtuális térben történő együttműködést és információátadást, illetve az építménnyel kapcsolatos adatok gyors és hatékony megjelenítését.

Több, egymással kapcsolatban álló elem információközpontú, háromdimenziós és parametrikus épületelemekből virtuális térben épített, többletinformációval rendelkező vizuális geometrikus modelljét „BIM-modell”-nek nevezik. A többletinformációt a virtuális épületelemek egymáshoz való viszonya és a hozzáadott paraméterértékek jelentik, amelyek a 3D-modellben rendeződnek adatbázisba. A 3D BIM-modell alapján az egyes modellelemek egyértelműen azonosíthatók és anyagmennyiségük meghatározható (Zagorác et al., 2018).

Binomiális valószínűségi eloszlás

Annak valószínűsége, hogy az N elemű, M nem megfelelő elemet tartalmazó, $p = M/N =$ konstans alulmaradási hányadú halmazból visszatevéses reprezentatív mintavétellel nyert n elemű mintában a nem megfelelő elemek száma k , a B_k binomiális valószínűségi eloszlással számítható ki:

$$B_k = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$$

ahol $k = 0, 1, 2, \dots, n$; $0 \leq p \leq 1, 0$ és a binomiális együttható:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} = \frac{n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot (n-k+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot k}$$

A binomiális eloszlást például *könyvünkben az OC-görbe* levezetéséhez használtuk.

Biofilm, biohártya

A biofilm egymáshoz tapadó mikroorganizmusok alkotta, valamely felületen egybefüggő bevonatot képező réteg. A szennyvíz tisztító telepek biológiai medencéjének betonfalán található biofilm hidrogénion koncentrációja helyenként például $\text{pH} = (4 - 5)$ értékre is süllyedhet, annak ellenére, hogy a szennyvíz hidrogénion koncentrációja mintegy $\text{pH} = 7$, és ez a körülmény a beton oldódásos korrózióját okozza.

Biogén kénsav okozta korrózió, Biogén kénsav korrózió, Biogén korrózió

A biogén kénsav okozta korrózió (BSK $\rightarrow$ Biogene Schwefelsäure-Korrosion) a szennyvíz csatornák, szennyvíz tisztító medencék falán, a szennyvíztükör felett képződik azáltal, hogy bizonyos mikroorganizmusok (kénbacilusok) képesek a szennyvízben lévő szulfátból

közvetlenül kénhidrogént előállítani (szulfátlégzés), míg mások a kénhidrogént képesek visszaalakítani szulfáttá. A jelenséget mikrobiális kénkörforgalomnak is nevezik.

A szennyvíz csatorna oxigén hiányos részén élő anaerob baktériumok a szennyvízben oldott szulfátionokat (SO_4^{2-}) kénhidrogénné (H_2S) redukálják, és ezáltal a szulfátionokat betonkorrozóra tulajdonképpen veszélytelenné teszik. Ugyanakkor a csatorna falán a biofilmben élő aerob baktériumok (thiobacilusok) oxigén jelenlétében a kénhidrogént (H_2S) szulfátionná (SO_4^{2-}), kénsavvá (H_2SO_4) oxidálják, és ez betonkorrozóra vezet.

Lásd még: Szulfifikáció, Deszulfifikáció

Biokémiai oxigénigény

A biokémiai oxigénigény (BOI) az oxigénigény mérőszámok egyike, amelyet a szennyvizek szerves anyagainak összetett jellegére tekintettel, az egyedi szerves összetevők minőségi és mennyiségi meghatározása helyett, a szennyvizek szervesanyagtartalma és oxidálható szervesanyag tartalma együttes mennyiségének kifejezésére használnak (*Percsich, 2005*).

A biokémiai oxigénigény (biológiai oxigénigény, oxigénigény, oxigénfogyasztás) az az oxigénmennyiség, amely a vízben levő szerves anyagok és oxidálható szervesanyagok mikroorganizmusokkal való lebontásához, 20 °C hőmérsékleten szükséges. Nagysága függ a vízben levő mikrobák fajtától és számától, a szerves anyagok minőségétől, a mikrobák tápanyag- és oxigénellátottságától, az emésztés időtartamától, a megvilágítástól, és a biológiai folyamatokra gátlóan vagy mérgezően ható anyagok jelenlététől. Általában szabványos körülmények között öt napos (BOI_5), vagy húsz napos (BOI_{20}) biokémiai oxigénigényt szokás meghatározni.

A szennyvíztisztítás technológiájában az öt napos biokémiai oxigénigény (BOI_5) szolgál a kémiai oxigénigény (KOI_k) mellett a lebontandó szerves anyag biológiai lebonthatóságának, illetve mennyiségének mértékéül. A mérést megelőzően a vizsgálandó szennyvízmintát olyan pufferoldattal hígítják, amely a bakteriális szaporodás tápanyag szükségletét és a megfelelő pH-értéket is biztosítja. Az öt napos biokémiai oxigénigény meghatározása során mintavételkor megméri a hígított szennyvíz minta oldott oxigéntartalmát, majd 5 nap múlva ismét. A két mérés között elfogyott oxigén mennyiségét nevezzük az öt napos biológiai oxigénigénynek (*Percsich, 2005*).

Szennyvizek esetén a biokémiai oxigénigényt az MSZ EN 1899-1:2000 szabvány szerint kell vizsgálni.

A biokémiai oxigénigény mutatóinak meghatározása hosszas vizsgálatot igényel, ezért az oxigénigény lényegesen gyorsabb meghatározására vezették be a kémiai oxigénigény (KOI) mérőszámot. A KOI mérés egyszerűsége és kisebb időigénye miatt jobban elterjedt a gyakorlatban, mint a BOI meghatározás, annak ellenére, hogy a természetben lejátszódó folyamatokat a BOI értéke modellezi jobban (*Burucs, 2011*).

A biokémiai oxigénigény angol jele: BOD (Biochemical oxygen demand), német jele: BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf).

Lásd még: Kémiai oxigénigény (KOI)

Biztonság

Lásd: Biztonsági tényező

Biztonsági tényező, Parciális tényező

A beton törési összenyomódáshoz tartozó σ_{cu} nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője a parciális tényezős (osztott biztonsági tényezős) méretezési eljárás esetén, értéke teherbírási határállapot vizsgálata során, tartós és ideiglenes tervezési állapotban általában $\gamma_C = 1,5$ (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint). Jele: γ_C

*Orosz Árpád*⁴⁷ professzor az erőtan biztonsággal és a kockázattal foglalkozó dolgozatában (*Orosz, 2016*) írta: „a szerkezetek méreteinek meghatározása során előfordulhatnak olyan hatások, amelyek ismeretlenek, ezért a kritikus állapot, tönkremenetel megakadályozása érdekében a használati állapotban keletkező igénybevételeket jóval a törési állapot alatt kell meghatározni. A különbséget úgy nevezett biztonsági tényezővel vesszük figyelembe, ennek nagyságát az ismeretek, a tudás szintje határozza meg. Azt is mondhatjuk, hogy a biztonsági tényező a tudatlanságunk tényezője, mert azt foglalja össze, amiről nincsenek ismereteink. Biztonságos valami akkor, ha személyi vagy anyagi károsodás kockázata valamilyen összehasonlítható kicsiny valószínűséggel, elfogadható mértékre korlátozható. A kockázat viszont a kár lehetőségének, a veszély nagyságának valószínűsége, mértéke. A biztonság (B) és a kockázat (K) fordítva arányos ($B = 1/K$), viszont abszolút biztonság és nulla kockázat nem létezik.”

„A kockázat lehet elfogadott, vállalt és kényszerített. Az *elfogadott kockázat*, illetve annak szintje a társadalomban felgyűlt tudás alapján meghatározott intézkedésekben, *szabályzatokban jelenik meg*. A *vállalt kockázat* általában egyéni, a szintjének meghatározása veszélyeket tartalmaz, ezért kerülendő. A *kényszerített kockázat* általában a hatalom oldaláról jelenik meg, az ellene való védekezés a legnehezebb. Felvetődik azonban az a kérdés, hogy ki viselje a kockázatot? Alapelv: a kockázat azé, akié a haszon!” (*Orosz, 2016*)

Lásd még: Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Ismeretlen relatív szórás, Ismert relatív szórás, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

⁴⁷ *Orosz Árpád* (1926, Szentes – 2022, Budapest) okl. építőmérnök (1954), műszaki doktor és a műszaki tudomány kandidátusa (1958), egyetemi tanár (1977), professor emeritus.

„*Orosz Árpád* gimnáziumi tanulmányait jelentős részben saját dákkeresetéből fedezte; 1945-1948 között szovjet hadifogságban volt; ezt követően munka mellett folytatta a gimnáziumi tanulmányait és 1949-ben Szentesen a dolgozók gimnáziumában érettségizett. Még ebben az évben megkezdte műegyetemi tanulmányait, kitüntetéses diplomát 1954-ben szerzett. A Vasúti Tudományos Kutatóintézetben töltött hároméves aspirantúra után a Műegyetem II. sz. Hídépítési Tanszékén lett tanársegéd. 1959-ben egyetemi adjunktussá, 1962-ben egyetemi docenssé lépett előre. 1977 nyarán egyetemi tanárrá nevezték ki, és átvette a II. sz. Hídépítési Tanszék statikus csoportjából 1964-ben alakult Vasbetonszerkezetek Tanszék vezetését, amely feladatot – már a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken – 1991-ig látta el. *Orosz Árpád* 1969-1975 között a BME Építőmérnöki Kar oktatási dékánhelyettese és a Kari Oktatási Bizottság elnöke, 1990-1991 között az Építőmérnöki Kar dékánja volt. 1996-ban, 70 éves korában nyugdíjazták, ezt követően kutató professzorként, majd professor emeritusként dolgozott a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken.

Dr. Orosz Árpád professzor több tankönyvnek és kézikönyvnek, mintegy hetven műszaki témájú cikknek volt a szerzője, társszerzője; itthon és külföldön harminc-egynéhány előadást tartott; részt vett húsznál több országos jelentőségű mérnöki létesítmény tervezésében és megvalósításában, megszámlálhatatlanul sok szakvélemény és kutatási jelentés elkészítésében. Szakmai tevékenysége középpontjában a vasbeton szerkezetek tervezésének, építésének, üzemeltetésének és helyreállításának kérdései álltak.” – e szavakkal méltatta egyéb gondolatok mellett *dr. Hegedűs István* prof. emeritus a Mérnök Újság 2022. júniusi számának 56-57. oldalán *Orosz Árpád* prof. emeritus életútját.

Böhme-féle kopásállóság

Angolul: Wear resistance according Böhme

Németül: Verschleißwiderstand nach Böhme

Lásd: Kopásállóság

Breccsa

A breccsa szó az olasz földtani szakszó (breccia, tulajdonképpen nyílás, hasadék, zúzalék jelentésű szó) kiejtés szerinti átvétele. Az olasz forrása az ősi germán brehhan (törni), a mai német brechen szó elődje.

„Breccsa, az olyan kőzetek elnevezése, amelyek más kőzetek szögletes (nem koptatott szélű) törmelékéből állanak. Meredek hegyoldalak alján törmelék-breccsa, a kőzetek belsejében végbemenő nyomások és súrlódások következtében dörzs- vagy nyomás-breccsa, vulkáni törmelék felhalmozódása folytán eruptív breccsa keletkezik. Aszerint, hogy a breccsa egyazon kőzet törmelékéből, vagy pedig különböző kőzetekből áll, megkülönböztetünk monogén vagy poligén breccsákat. A törmeléket kötőanyag — rendszerint mész vagy kovasav — tartja össze.” (Új Lexikon. Második kötet. 1936)

Lásd még: Agglomerát, Konglomerát

Brinell-keménység

Egy D átmérőjű golyót F terhelőerővel kell a megvizsgálandó anyagba nyomni. Meghatározott idő után tehermentesíteni kell, majd meg kell mérni a benyomódás d átmérőjét. A *Brinell*-keménység (HB) értéke az F terhelőerő [kp] és a benyomódás gömbsüvege A_s felszínének [mm²] hányadosa.

A *Brinell* keménység jele az MSZ EN ISO 6506-1:2014 szabvány szerint: Brinell keménység értéke, HB betűjel, golyó átmérő / terhelőerő / terhelési idő

Például, ha a *Brinell* keménységmérő készülék 10 mm átmérőjű golyójára ható 750 kp (7355 N) terhelőerő 15 másodpercig történt működtetésével kapott *Brinell*-keménység értéke HB = 100 kp/mm², akkor a *Brinell*-keménység jele: 100 HB 10/750/15



1.5.B12. ábra: Brinell keménységmérő készülék

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/notesz/kemenysege/kemenysege.pdf>

Lásd még: Keménység

Brownmillerit

A brownmillerit a portlandcementklinker ásványok egyike, tetrakalcium-aluminát-ferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, röviden: C_4AF), amelyet celitnek is neveznek.

A szulfátálló cementek csekély alumínium-tartalma a brownmillerit (celit) klinkerásványban található, ezért a ferrocementeket brownmillerit-cementnek is nevezik (Talabér, 1966).

Lásd még: Celit, Ferrocement

Brucit

A brucit a trigonális magnézium-hidroxid kristály ásványtani neve (1.5.B13. és 1.5.B14. ábra). Az ásványt először Archibald Bruce⁴⁸ amerikai orvos, mineralógus írta le, akinek a tiszteletére az ásványt 1824-ben Francois-Sulpice Beudant⁴⁹ francia geológus, mineralógus brucitnak nevezte el.

⁴⁸ Archibald Bruce (1777, New York – 1818, New York) a Columbia College-ban érettségizett 1795-ben, majd 1880-ban az Edinburgi Egyetemen orvosi diplomát kapott. Ásványtani ismereteit két éves franciaországi, svájci és olaszországi körútján szerezte. 1807 és 1811 között a College of Physicians and Surgeons (a Columbiái Egyetem orvosi iskolája), 1812-től a New Jersey-i Queen's College (mai nevén Rutgers Egyetem) gyógyszerek és ásványok professzora volt. Nevét többek között az „Of native magnesia from New Jersey” (A New Jersey-ből származó természetes magnézia), mai nevén a brucit kémiai elemzése tette híressé. Forrás: [https://wkpd.datafree.co/wiki/Archibald_Bruce_\(mineralogist\)](https://wkpd.datafree.co/wiki/Archibald_Bruce_(mineralogist)). Megjegyzés: Ma magnéziának a magnézium-oxidot (MgO) nevezzük.

⁴⁹ Francois-Sulpice Beudant (1787, Párizs – 1850, Párizs), francia ásványtankutató és geológus, a Párizsi Egyetem tanára (1822-1839), a Francia Tudományos Akadémia tagja (1824). Tanulmányait az Ecole Polytechnique és Ecole

A brucit legalább két okból is számot tarthat a betontechnológusok érdeklődésére:

- egyrészt azért, mert duzzadásos alkálifém-oxid–dolomit reakció során a dolomit adalékanyag kalcium-magnézium-karbonátja és a cementkő alkálifém-hidroxidja egymásra hatásából alkálifém-karbonát, magnézium-hidroxid ($\text{Mg}(\text{OH})_2$, *brucit*) és kalcium-karbonát keletkezhet, és kedvezőtlen esetben a reakció a beton teljes átalakulásáig folytatódhat (Kausay, 2001);
- másrészt azért, mert az acélgyártási *Martin*-salakban lévő magnézium-oxid (ásványtani nevén periklász) nedvesség hatására beoltódva dolomit-mészhidráttá (kalcium-magnézium-tetrahidroxiddá, $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaMg}(\text{OH})_4$, mészhidrátos *brucittá*) alakul, miközben térfogatát több mint kétszeresére növeli, ami miatt a *Martin*-acélsalakot betonadalékanyagként alkalmazni tilos (Révay, 2001. július-augusztus).

Normale egyetemeken végezte. 1814-ben XVIII. Lajos király ásványtárát rendezte. 1818-ban geológiai és ásványtani kutatóúton járt Magyarországon. Miután visszatért Párizsba, 1822-ben kiadta a négykötetes, „Voyage minéralogique et géologique en Hongrie pendant l'année 1818” című művét, amely rövidített változatban, 1825-ben, Lipcsében, „Mineralogische und geognostische Reise durch Ungarn im Jahre” címmel német nyelven is megjelent. Műve az egyik első, megkerülhetetlen összefoglaló geológiai tanulmány a Kárpátokról. A balatonfüredi Pantheonban található *Francois-Sulpice Beudant* festett csempelapokból álló, 1962-ben felavatott emléktáblája, amelyet *Georgette Brivadis* kerámikus készítette. Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Fran%C3%A7ois_Sulpice_Beudant, <http://old98.mtsz.org/mhk/csarnok/b/beudant.htm>, <https://blog.oszk.hu/foldabrosz/francois-sulpice-beudant-magyarorszag-foldtani-terkepenek-lehetseges-topografiai-alapjai>, <https://termvil.hu/2018/07/19/a-foldtan-szuletese-magyarorszagon/>, <https://www.kozterkep.hu/11809/francois-sulpice-beudant>, http://www.helyismeret.hu/index.php?title=Francois_Sulpice_Beudant.



1.5.B13. ábra: Brucit kristály Pakisztánból

Brucit (ásv.), magnézium-hidroxid ($(\text{Mg})\text{HO})_2$); többnyire egy kevés vasat is tartalmaz. Különösen geológiai szempontból érdekes ásvány, mert képződése a dolomitból (szénsavas magnézium és szénsavas mész vegyülete) helyenként nagyon tanulságosan konstatálható. Így Tirolban a Fassa völgyben Predazzo vidékén, ahol az eruptív kőzetektől metamorfizált dolomit B.-tá és mézpáttá változott. Nagy, többnyire zöldes színű, rostos leveles halmazokban találni ott a B.-ot fehér szemcsés mészkőben, vagy pedig a B. és a szemcsés mészkő (márvány) oly bensőleg van egymással keveredve, hogy a kettőnek keveréke egy sajátos fehér vagy szürke márvány, melyet *predazzit*-nak, vagy *penkatit*-nak neveznek. É.-Amerikában szerpentinben (Pennsylvánia: Texas, Lancaster; New-Jersey: Hoboken) kristályokban is terem, még pedig néha nagy hatszöges rendszerbeli fennőtt táblás romboéderes kristályokban, továbbá leveles tömegekben, melyeknek tökéletes hasadása (a bázis-lapokkal egyközösen) s gyöngyfénye leveles gipszre emlékeztet. Vékony lemezei hajlékonyak. Szintelen, fehér vagy zöldes. K. 2, fs. 2:2 — 2:3. A levegőn idő multán veszti fényét s átlátszóságát, mert széndioxidot vesz fel; nagy mennyiségű szén-sav-felvétel által hidromagnezittá változik. Savakban oldódik. SZT. H.

1.5.B14. ábra: Brucit szócikk A Pallas Nagy Lexikona III. kötetének (1893) 729. oldalán

A természetes brucitot *Johann Michael Ackner*⁵⁰ (1855) hivatkozással *Tóth Mike*⁵¹ (1882) említi, mint amelyik Dobsinán a szerpentin (átalakult, metamorf) kőzet hasadékaiban található. Típus ásvány az ugyancsak szerpentin hasadékaiban előforduló holokeni (New Jersey) brucit (*Ackner*, 1847, 1855), (1.5.B15. ábra). *Fehér – Papp* (2003) szerint hazánkban a Szár-hegyi kőbánya alsó szintjén figyelhetők meg brucitos ereket tartalmazó mészkövek.

⁵⁰ *Johann Michael Ackner* (1782, Segesvár – 1862, Szentersébet, németül Hammersdorf, ma Nagyszeben, németül: Hermannstadt, románul: Sibiu városrésze Erdélyben). *Johann Michael Ackner*, magyar írásmóddal: *Ackner Mihály János*, erdélyi szász evangélikus lelkész, egyházi író. Teológiai végzettséget a Göttingeni Egyetemen szerzett. Tanulmányutakat tett Németországban, Franciaországban, Svájcban, Olaszországban. Külföldről hazatérve 13 éven át a nagyszebeni gimnázium nyelvészeti és régiségtan tanára, majd nagyszebeni hitszónok volt. 1821-ben Szentersébet egyházközség lelkészévé választották. *Ackner Mihály János* az első évtizedben matematikával, csillagászatkal és természettudományokkal, 1832-től 1847-ig elsősorban régészettel, földrajztudománnyal és ásványtannal foglalkozott, amely utóbbi időszakban hazájának minden vidékét beutazta, miközben gazdag természettani és régészeti, főleg ásványok, kővületek és érmek alkotta gyűjteményre tett szert. *Ferenc József* császár (1830, Bécs – 1916, Bécs) 1854-ben a koronás arany érdemkereszttel, 1858-ban pedig császári tanácsosi címmel tüntette ki. Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Johann_Michael_Ackner

A *Tóth Mike* által hivatkozott *Ackner*: „Mineralogie Siebenbürgens, mit geognostischen Andeutungen”. Hermannstadt, 1855. könyv előzménye az 1847-ben ugyancsak Nagyszebenben (Hermannstadt) kiadott *Ackner*: „Mineralogie von Siebenbürgen” című könyv, amely utóbbi részlete digitálisan itt található: <https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb10282860?page=,1>

⁵¹ *Tóth Mike Mihály* (1838, Ördarma, Ung vármegye – 1932, Kalocsa) jezsuita áldozópap, a Jézus Társaság tagja, főgimnáziumi tanár. Tanulmányait Ungváron, Pozsonyban és Innsbruckban végezte. 1868-ban szentelték pappá. 1861-ben Kalocsán, 1872-1876 között Szatmárban, 1879-1880-ban Kalksburgban (ma Bécs része), 1881-től nyugalomba vonulásáig Kalocsán tanított. Közben 1918-tól 1922-ig Szatmárnémetiben a leánygimnázium igazgatója volt. Természettudományi – elsősorban ásványtani – és műtörténeti tanulmányokkal foglalkozott. „Az összes ásványok jegyzéke és rövid jellemzése” című műve kéziratban maradt. Forrás: Kenyeres főszerk., II. kötet. 1982; https://adt.arcanum.com/hu/view/MagyarÉletrajziLexikon_2; https://hu.wikipedia.org/wiki/Tóth_Mike_Mihály



13. Gattung. Talkhydrat.

Rhomboedrischer Kuphon-Glimmer, M.; Nematit, Nuttal; Bruzit.

Krystallsystem : drei- und einaxig.

Krystalle : reguläre sechsseitige Prismen mit der geraden Endfläche.

— Ausser krystallisirt, in plattenförmigen Gestalten, derb, von theils schaligen, theils etwas breiten, theils dünnen und gleichlaufend, auch auseinanderlaufend, stänglichen Zusammensetzungsstücken.

Theilbarkeit : vollk. nach der Geradendfl., Spuren nach dem Prisma.

— Br. kaum wahrnehmbar, uneben. — Oberfl. glatt. — Perlmuttergl. — Farbe weiss, in's Graue und Grüne ziehend. — Str. weiss, halbdurchsichtig bis durchscheinend. — Milde, in dünnen Blättchen biegsam. — Härte = 2,0. — S. G. = 2,35.

Chem. Verh. Im Kolben Wasser gebend, alkalisch reagirend; v. d. L. unschmelzbar; mit Kobaltsolution eine blassrothe Farbe gebend, und überhaupt wie reine Talkerde sich verhaltend. — In Säuren leicht und vollk. auflöslich. — Bestandtheile : Talkerde mit Wasser.

Vork. Auf Klüften im Serpentin zu *Holoken* in New-Yersey, zu *Dob-schau* in Ungarn.

1.5.B15. ábra: Brucit (bruzit) szócikk J. M. Ackner 1847-ben, Nagyszebenben (Hermannstadt) kiadott „Mineralogie von Siebenbürgen” című könyvében. Forrás: <https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb10282860?page=,1>

Megjegyzés: Ackner (1847) a „bruzit”-nál (Mohs-keménysége: Härte = 2,0) sokkal keményebb, 6,5 Mohs-keménységű kondrodit ásványt $((\text{Mg,Fe})_7 \cdot (\text{SiO}_4)_3 \cdot (\text{F,OH})_2)$ is „brucite”-nak nevezte.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf>

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/183-betonkorrozio.pdf>

Lásd még: Acélgyártási salak, Alkáli reakció, Ásványok keménysége

Bucakemence

Németül: Rennfeuer, Rennherd

Az ókorban és a középkor legnagyobb részében a vasat a kezdetleges bucakemencékben olvasztották. Ezek domboldalba vájt, tűzálló agyaggal kitapasztott üregek voltak, amelyek aljába fűtatónyílás vezetett. A fűtatót kézzel vagy lábbal hajtották (Lósy-Schmidt et al., 1928), (Berei szerk., 1962). A bucakemencék szerkezetét (1.5.B16. ábra) és működését a korabeli tudós, *Georgius Agricola*⁵² (1556) részletesen leírta.

⁵² *Georgius Agricola* (1494, Glauchau – 1555, Chemnitz) születési névén *Gregor Bauer* szászországi orvos, mineralógus, humanista tudós, író, aki tudományos pályára lépve cserélte fel vezetéknévét a latin *Agricola* névre. Alsó fokú iskoláit Glauchauban, a középiskolát Zwickauban végezte. 1514-1518 között a Lipcsei Egyetemre járt, ahol filozófiát, görög és latin nyelvet tanult. 1518-tól 1522-ig Zwickauban volt görög tanár, majd visszatért a Lipcsei Egyetemre orvostudományt tanulni, amit a Bolognai Egyetemen folytatott. 1524 őszétől két éven át a híres velencei Aldus nyomdában szerkesztőként dolgozott több kitűnő humanista és tudós társaságában. 1526-ban visszatért Chemnitzbe, majd 1527-ben orvosként az ásványi gyógyszerek felkutatására és a bányászat tanulmányozására Joachimsthalba költözött. *Georgius Agricola* 1531-ben visszatelepült Chemnitzbe, ahol könyveinek kiadásával foglalkozott és polgármester is lett. Főművét, a „De re metallica”-t 1550-ben fejezte be; a mű méltó kialakítása a bázeli Frobenius és Episcopus nyomdában hat évbe telt, és amikor kikerült a nyomdából, *Agricola* már négy hónapja halott volt. Az 1555. november 21-én örökre elpihent *Georgius Agricolát* az Elster partján fekvő Zeits város Szent Péter és Pál bazilikájában temették el.

Agricola a korabeli Magyarország viszonyait jól ismerte, a Kárpát-medence bányászata és kohászata nagyon érdekelte. Hazánkról a „De re metallica”-ban és más műveiben is többször, meglepő tájékozottsággal emlékezett meg; pontos értesülései voltak *Thurzó János* (1437, Lőcse – 1508, Nagybánya) bányavállalkozásairól; *Agricolában* a Magyarországot végzetesen megrontó támadássorozat és a mohácsi vész mély nyomokat hagyott.

Forrás: Az *Agricola*: „De re Metallica Libri XII” (Tizenkét könyv a bányásatról és kohásatról) című könyv magyar reprint kiadásának (1985) 588-610. oldalán található „Agricola és kora” című tanulmány, amelynek szerzője *Molnár László*, a soproni Központi Bányászati Múzeum egykori igazgatója.

Megjegyzés: *Tóth Henrietta* „Georgius Agricola műveinek előfordulása magyarországi könyvtárakban” című (2015) TDK dolgozata (Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger) a világhálón is olvasható: http://publikacio.uni-eszterhazy.hu/6306/1/247_309_Toth.pdf



220. ábra. Bucakemence és vaspöröly
A – kemence; B – elegyrakás; C – salaklefolyó; D – vastömb; E – fakalapács;
F – vaspöröly; G – üllő

1.5.B16. ábra: A bucakemence fametszete *Georgius Agricola*: „De re Metallica („A fémek dolgáról”) Libri XII. Tizenkét könyv a bányászatról és kohászatról” című, Basileae-ban (Bázelben), 1556-ban megjelent művének „az ércet olvasztásáról és a fémek kinyeréséről” szóló kilencedik könyvében. A mű kitűnő rajzait – minden bizonnyal *Agricolával* közösen – a berni *Rudolf Manuel Deutsch* és a joachimsthalai *Blasius Weffring* készítette, olvashatjuk *Molnár László* (1924, Zalaegerszeg – 2012, Sopron) bányamérnök, egykori múzeumigazgató tollából, a soproni Központi Bányászati Múzeum szerkesztésében 1985-ben megjelent magyar reprint kiadás bevezetőjében.

Részlet *Agricola* könyvéből (1556):

„A vasérccek közül a különösen jókat a leűzőkemencéhez hasonló második fajtájú kemencében olvasztják ki. (Ez a kohó egy úgy nevezett bucakemence, amelyet *Péch* (1891. p. 267.) „hevenypest”-nek nevez.) A tűzhely $3\frac{1}{2}$ láb magas, és 5-5 láb hosszú és széles. Közepes 1 láb mély és $1\frac{1}{2}$ láb átmérőjű tégelye van. De a tűzhely lehet magasabb vagy alacsonyabb, szélesebb vagy szűkebb is, aszerint, hogy az ércből sok vagy kevés vas olvasztható ki. A mesternek egy bizonyos mennyiségű vasércet adnak és ebből nagyobb vagy kisebb mennyiségű vasat olvaszthat ki. Munkáját azzal kezdi, hogy a tégelybe szén rak és erre egy vaslapátnyi aprított ércet szór, amelyhez vízzel még meg nem oltott meszet kever. Ezután újra szén rak be, erre ismét ércet szór és ezt váltakozva addig folytatja, míg a tégelyben egy enyhén domborodó halom nem keletkezik. Végül meggyújtja a szén, a helyesen beállított fűjtatókkal felszítja a tüzet és megolvasztja az ércet. Ezt a munkát általában nyolc óra alatt, néha azonban csak tíz vagy tizenkét óra alatt lehet elvégezni. Nehogy a tűz heve a mester arcát megégesse, fejére látó- és lélegzőlyukakkal ellátott nemezsapkát húz.

A kemence mellett rúd van, amelyet akkor működtet, amikor arra szükség van, így pl. amikor a fűjtatók túl

erősen fűjnek, vagy amikor további ércet és szenet rak a tűzhelybe, vagy amikor a salakot húzza le. Ugyanis a rúddal elzárhatja vagy szabályozhatja a vízcsatornát, amely a tengelyen ülő és a fűjtatókat működtető kerék hajtásához szükséges vizet szolgáltatja. Ilyen módon megömlik a vas, és mennyisége 2-3 mázsá lehet, a vasérc gazdagságától függően. A mester most a szűrővassal megnyitja a kemence száját, hogy a salak lefolyhasson. Miután a salak teljesen kifutott, a tégelyben maradó vastömeget engedi megdermedni, aminek megtörténte után azt segédeivel, vasrudak segítségével, kiemeli a kohóműhely padlójára, ahol vékony, 5 láb hosszú nyelű fakalapácsokkal megdolgozzák, leverik róla a még rajta tapadó salakot, tömörítik és nyújtják. Ugyanis, ha rögtön kovácsolnak a nagy pöröly alatt, amelyet a vízikerek bütykei mozgatnak, akkor széttörne. Kis idő múlva harapófogókkal megragadják és a pöröly alatt éles vasvésők segítségével 4-5-b darabra vágják, aszerint, mekkora a tömb. Ezekből a darabokból, a kovácstűzhelyen történő újabb izzítás után a kovácmesterek négyszögletes darabokat, ekevasat, kerékabroncsokat, de főleg rúdvasat kovácsolnak, mely utóbbiakból 4-6 vagy 8 darab kb. 1/2 mázsát nyom. A rúdvasból különféle kisebb eszközt szokás készíteni.

Minden egyes kalapácsütésnél az inas kanállal vizet önt az izzó vásra, amelyet a mester formál. Innen van, hogy a pörölyütések olyan erős hangot adnak, hogy a kovácműhely egész környéke zeng tőlük. (Megjegyzés az 1985. évi reprint kiadásban: Ez természetesen csak mese.)

Miután a kemencéből, ahol az ércet kiolvasztották, a vastömböt kiemelték, visszamarad a tégelyben a keményvas, amely csak nehezen nyújtható. Ebből készülnek a zúzónyalak fejei és sok más, különösen kemény vastárgy.” (*Agricola*, 1556); fordította: *Becht Rezső* (1893, Sopron – 1976, Sopron) író, költő, műfordító, aki a II. világháború után a kohászati folyamatokat is végző soproni vasárugyárban töltött be irányító szerepet.

Lásd még: Acélgyártás, Acélgyártás Magyarországon, Hámor

C³-beton

Angolul: Carbon Concrete Composite,

Németül: Carbon-Beton Verbundwerkstoff

A C³-beton szénszálaból szőtt textilerősítésű (szénszálszövet-, szénhálóerősítésű) beton, amelynek kutatására Németországban nagyszabású kísérletsorozatot indítottak abból a célból, hogy általa a vasbetonszerkezetek készítéséhez használt betonacélokat kiváltsák. A szénszálszövet előnye a betonacéllal szemben, hogy gyártása energiatakarékos, anyagsűrűsége a betonacélénak mintegy ötöde, nem korrodál. A kutatás két irányú, egyrészt a szénhálóerősítésű beton tulajdonságainak megismerésére, másrészt a szénszál-gyártás mai nyersanyagának, a kőolajnak a kiváltására irányul.

A C³-beton kutatására – amely jelenleg a legnagyobb német építőipari kutatási program – a Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium (Bundesministerium für Bildung und Forschung) támogatásával és több mint 130 német kutatóhely részvételével 2015-ben konzorciumot hoztak létre, amelynek vezetője a drezdai Műszaki Egyetem (TU-Dresden, Technische Universität Dresden).

Mindemellett a szénszálszöveterősítésű betont már ma is alkalmazzák meglévő épületek födémei (például Koblenzben), tetőszerkezetei (például Templinben), hidak (például Nailában, Zürichben) vagy ipari építmények (például az uelzeni cukorsiló) megerősítésére, valamint új építmények, így például gyalogos és kerékpáros hidak (például Albstadt-Ebingenben), homlokzatképzések (például Düsseldorfban), tartószerkezetek (például Drezdában) stb. készítése során (<https://www.bauen-neu-denken.de>).

Magyarországon szénszálat a nyergesújfalui Zoltek Zrt. (a japán Toray Industries Co. csoport tagja) gyárt.

CAD

A CAD (Computer Aided Design) rövidítés számítógéppel segített tervezést jelent.

A jelenleg használatos CAD programok a 2D (síkbeli) vektor-grafika alkalmazásával rajzoló rendszerektől a 3D (térbeli) parametrikus felület- és szilárdtest modellező rendszerekig széles számítógépes mérnöki tervezési lehetőséget kínálnak.

A számítógépes tervezést és rajzolást az építőmérnök épületek, hidak, utak, vasutak, alagutak, vízi és geotechnikai létesítmények stb. tervezésére használja.

Az építészeti CAD szoftverek köre magába foglalja az építészeti, épületgépészeti, épületvillamossági, belső építészeti tervezői egységeket, és olyan szolgáltatásokat is érint, mint a 3D látványtervezés, épületek virtuális körüljárásáról animáció készítése stb.

A számítógépes CAD programok megjelenése a hagyományos műszaki rajzoló feladat kört – a ceruzával készített tervrajzok átrajzolását tussal (tuskihúzóval) sokszorosítható (fénymásolható) pausz-papíron – lényegében megszüntette.

Carbonbeton

Lásd: Karbonbeton

Caricrete-eljárás

Lásd: Szálerősítésű beton

CE-jel, CE-jelölés

A CE-jel az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete szerint a harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő vagy európai műszaki értékeléssel (ETA) rendelkező termékek megkülönböztetésére való jel. A 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (1) bekezdése szerint a CE-jelölésre a 765/2008/EK számú rendelet 30. cikkében megállapított általános elvek vonatkoznak. (A 765/2008/EK számú rendelet a termékek forgalomba hozatalának közös keretrendszeréről szóló, 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat kiegészítése.) Megjegyzendő, hogy a CE-jelölés szabályait első ízben a 93/465/EGK tanácsi határozat véglegesítette, majd ezt a tanácsi határozatot a 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat helyezte hatályon kívül.

A 765/2008/EK számú rendelettel összhangban a 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (2) bekezdése értelmében CE-jelölést csak olyan építési termékeken szabad elhelyezni, amelyekről a gyártó a rendelet II. fejezete szerinti megfelelőségi tanúsítványt, illetve nyilatkozatot (2013. július 1. óta teljesítmény-nyilatkozatot) állított ki. A CE-jelölés elhelyezésével vagy elhelyeztetésével a gyártó vállalja felelősségét, hogy az építési termék megfelel a nyilatkozatban szereplő minőségnek (teljesítménynek), valamint a jelölés alkalmazását előíró uniós harmonizációs jogszabályokban szereplő valamennyi alkalmazandó követelménynek. A 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (3) bekezdése szerint a CE-jelölés az egyetlen olyan jelölés, amely tanúsítja, hogy az építési termék alapvető jellemzői megfelelnek a nyilatkozatban szereplő, az adott harmonizált szabvány vagy az európai műszaki értékelés szerinti minőségnek (teljesítménynek). A 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (5) bekezdése szerint, ha a termék minősége megfelel (teljesítmény-nyilatkozatban foglaltak megfelelnek) az érintett tagállamban az adott felhasználásra vonatkozóan megállapított követelményeknek, a CE-jellel ellátott termékek használatát akadályozni nem szabad.

A CE-jelölés (megfelelősi jelölés) fogalmát a termékek piacfelügyeletéről szóló 2012. évi LXXXVIII. törvény a 765/2008/EK számú európai és tanácsi rendeletre hivatkozva értelmezi.

Celit

A celit a portlandcementklinker ásványok egyikének neve, tetraalcium-aluminát-ferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, röviden: C_4AF), amelyet brownmillerit-nek is neveznek. Mennyisége a portlandcementben 10-18 tömeg%. Szilárdsága igen kicsi, lassan köt. Ennek a klinkerásványnak a mennyiségét növelve a cement szulfátállósága javul.

Cellulózszál

A cellulózszálak nagyrészt kezeletlen természetes termékek (pamut, szizál, kender) vagy vegyileg feldolgozott szálak (viszkóz, „műselyem”) formájában kaphatók. Cementkötésű anyagok szálerősítésére korlátozottan alkalmasak, mert a tartósságuk rövid idejű. (Grübl et al., 2001)

Lásd még: Rugalmassági modulus

Cement

Víz hatására levegőn vagy víz alatt, önmagában szilárdulni képes, mesterséges, finomra őrölt ásványi anyagkeverék, úgy nevezett hidraulikus kötőanyag, amely szilárdságát és állékonyságát víz alatt is megtartja.

A portlandcementet mészkő és agyag hozzávetőlegesen 2:1 arányú keverékéből, esetleg az ezeket hordozó márga felhasználásával gyártják. Az agyagot a megtört mészkőhöz vagy márgához adagolják.

Az aluminátcement (angolul: aluminous cement) nyersanyaga mészkő és alumíniumtartalmú kőzet, általában bauxit vagy timföld (többnyire bauxitból készítik), és eszerint beszélünk az egykori építési célú bauxitcementről, amelyből hazánkban 1928 és 1950 között a bauxitbetont készítették, és timföldcementről (tűzállócementről), amely a tűzállóbeton kötőanyaga.

1950 óta építési célra kizárólag portlandcementeket, illetve portlandcement alapú, kevesebb vagy több kiegészítőanyagot (például kohósalak, pernye stb.) tartalmazó heterogéncementeket (például kohósalak-portlandcement, kohósalakcement) használunk.

Napjainkban

- az általános felhasználású cementek követelményeit az MSZ EN 197-1:2011,
- a mérsékelt szulfátálló cementek követelményeit az MSZ 4737-1:2013,
- a fehércementek követelményeit az MSZ 4737-2:2013,
- a nagyon kis hőfejlesztésű cementek követelményeit az MSZ EN 14216:2015,
- a kőművescementek (tulajdonképpen mészpuccolánok) követelményeit az MSZ EN 413-1:2011

szabvány tartalmazza. A tulajdonképpeni cementek vizsgálati módszereit az MSZ EN 196 szabványsorozatban írták le.

Megjegyzés:

- Az MSZ EN 14216:2015 szabvány szerinti nagyon kis hőfejlesztésű cementet vasbetonszerkezetek készítéséhez nem szabad használni. A nagyon kis hőfejlesztésű cement a tömegbetonok („masszív betonszerkezetek) kötőanyaga.
- Az MSZ EN 413-1:2011 szabvány szerinti kőművescementből (tulajdonképpen javított mészpuccolánból) betont nem szabad készíteni. A kőművescement a falazóhabarcs és a kül- és beltéri vakolóhabarcs kötőanyaga. A kőművescementből készített friss habarcs kötési idejét, konzisztenciáját, vízmegtartóképességét és levegőtartalmát az MSZ EN 413-2:2017 szabvány szerint, a kőművescement többi tulajdonságát az MSZ EN 196 szabványsorozat szerint kell vizsgálni.

Lásd még: Gyengén hidraulikus kötőanyag, Kőművescement, Mészpuccolán

A cementek tulajdonságainak egyik legfontosabbika a szilárdság, amelynek vizsgálati módja és kifejezése az idők folyamán sokat változott, és ez a portlandcementek szilárdsági osztályának és cementek jelének változásait is magával hozta.

A különböző időszakok portlandcement-szilárdsági osztályainak hozzávetőleges megfelelése az 1.5.C1. táblázatban látható.

1.5.C1. táblázat: A különböző időszakok portlandcement-szilárdsági osztályainak hozzávetőleges megfelelése. A cementek szilárdsági osztályait végig víz alatt tárolt próbatestek 28 napos korban mért nyomószilárdsága alapján határozták meg.

MSZ 4702:1956 ¹⁾	MSZ 4702-2:1974	MSZ 4702-2:1981		MSZ 4702-2:1997 Visszavonták: 2002.06.01.	MSZ ENV 197-1:1994, MSZ EN 197-1:2000 és 197-1:2011 MSZ EN 14216:2004 és 14216:2015 ⁵⁾	
		Jel	N/mm ²			
—	(550)	550	55	52,5	52,5	
(700-as) ²⁾	(500) ²⁾	—	—	—	—	
600-as	450	450	45	42,5	42,5	
500-as ³⁾	350 ³⁾	350 ³⁾	35	32,5	32,5	
400-as	250	250	25	—	—	22,5 ⁵⁾
300-as ⁴⁾	—	—	—	—	—	

Az 1.5.C1. táblázat folytatódik

Az 1.5.C1. táblázat folytatása

A megfelelőség irodalmi forrása				
<i>Palotás László:</i> Fa – Kő – Fém – Kötőanyagok. 1979., 522. oldal	MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás, 3.1.5. és 3.1.6. szakasz			Lásd MSZ 4702-2 (1981)
Változott a szabványos habarcs összetétele és konzisztenciája, a próbatest alakja, mérete, a nyomott felület nagysága, a nyomóerő mértékegysége, a cement szilárdsági jele	Változott a nyomott felület nagysága, a cement szilárdsági jele			–
–	Változott a nyomószilárdság mértékegysége		2000-ben változott a cement jelölése	
A szabványos <i>földnedves</i> cement- habarcsból készített, 70,1 mm élhosszúságú, 50 cm^2 oldalfelületű <i>próbakockán</i> mért nyomó- szilárdság kg/cm^2 -ben, az MSZ 523:1953 szabvány szerint vizsgálva, kg/cm^2 mérték- egységben (<i>Mihailich – Földeeák,</i> 1954), (<i>Palotás – Veress,</i> 1957), (<i>Palotás – Balázs – Kilián,</i> 1964).	A szabványos <i>képlékeny</i> cement- habarcsból készített $40\times 40\times 60\text{ mm}$ méretű, a hajlítóvizsgálat során ketté tört <i>próbahasábok</i> <i>féldarabjainak</i> $40\times 62,5 = 25$ mm^2 felületén mért nyomó- szilárdság az MSZ 523-4:1975 szabvány szerint vizsgálva, kp/cm^2 mértékegységben	A szabványos <i>képlékeny</i> cement- habarcsból készített $40\times 40\times 60\text{ mm}$ méretű, a hajlítóvizsgálat során ketté tört <i>próbahasábok</i> <i>féldarabjainak</i> $40\times 62,5 = 25$ mm^2 felületén mért nyomó- szilárdság az MSZ 523-4:1971 szabvány szerint vizsgálva, N/mm^2 mértékegységben. A jelölés az MSZ 4702-2:1974 szabvány szerinti.	A szabványos <i>képlékeny</i> cement- habarcsból készített $40\times 40\times 60\text{ mm}$ méretű, a hajlítóvizsgálat során ketté tört <i>próbahasábok</i> <i>féldarabjainak</i> $40\times 40 = 16$ mm^2 felületén mért nyomó- szilárdság az MSZ EN 196- 1:1996 szabvány szerint vizsgálva, N/mm^2 mérték- egységben	A szabványos <i>képlékeny</i> cement- habarcsból készített $40\times 40\times 60\text{ mm}$ méretű, a hajlítóvizsgálat során ketté tört <i>próbahasábok</i> <i>féldarabjainak</i> $40\times 40 = 16\text{ mm}^2$ felületén mért nyomószilárdság az MSZ EN 196- 1:1996, majd MSZ EN 196- 1:2005, majd MSZ EN 196- 1:2016 szabvány szerint vizsgálva, N/mm^2 mérték- egységben.

Megjegyzések az 1.5.C1. táblázathoz:

- 1) Az MSZ 4702:1956 jelzetű szabványt megelőző cementtermék szabványok (*Magyar Szabványügyi Hivatal*, 1953), (*Magyar Szabványügyi Hivatal*, 1973):
 - MOSz 32:1935 „Portlandcement”
 - MNOSZ 258:1949 „Nagyszilárdságú traszportlandcement”
 - MNOSZ 521:1950 „Cementek”
 - MNOSZ 521:1951 Á(tmeneti) „Cementek” 1. módosítás

- MSZ 4702:1953 Á(tmeneti) „Cementek. Portlandcement, kohósalak-portlandcement, traszportlandcement”
- 2) 700-as cementszilárdsági osztály az MSZ 4702:1956 szabványban nem volt, de ezt a portlandcementfajtát az 1963-ban alapított Váci Cementgyárban 1965-től külön megrendelésre gyártották (0, 1974). *Kilián* (1975), *Palotás* (1979. II. kötet, 525. oldal) szerint e magyar 700-as cement MSZ 4702-2:1974 szabványnak megfelelő szilárdsági osztálya 500.
- 3) Az S-54 jelű (korabeli jelöléssel S 54) szulfátálló portlandcement szilárdsági osztálya: 500-as (MSZ 4702:1956 szabvány F.8. szakasz). Irodalom: *Mihailich – Földeák*, 1954., 79. oldal, *Palotás – Veress*, 1957., 162. oldal, *Kilián*, 1974., 103. oldal, illetve az MSZ 4702-2:1974 szabvány szerint: 350-es. Irodalom: *Palotás: Fa – Kő – Fém – Kötőanyagok*. 1979., 522. oldal, *Balázs*, 1984., 232. oldal.
- Megjegyzendő, hogy az S-100 jelű mérsékelt szulfátálló portlandcementet két változatban, 350 és 450 szilárdsági jellel gyártották (MSZ 4702-4:1982). Irodalom: *Palotás: Fa – Kő – Fém – Kötőanyagok*. 1979., 522. oldal, *Balázs*, 1984., 232. oldal.
- 4) A 300-as cement szilárdsági jele az MSZ 4702:1956 szabványnak a – kohósalak- és traszportlandcementek szilárdsági követelményeit tárgyaló – 2. táblázatában és a függelékében található, és szerepel a *Mihailich Győző és Földeák Árpád* által 1954-ben írt „Építőanyagok” című jegyzet 79. oldalán lévő, a szabványos cementek adatait tartalmazó táblázatban, valamint *Kilián József* „Építőanyagok. Kötőanyagok” (1974) című jegyzetének 8. táblázatában is.
- A *Mihailich – Földeák*-féle (1954) jegyzet kötőanyagokról szóló fejezetét *Palotás László és Veress Sándor* az 1957-ben kiadott, azonos című jegyzetükbe beemelték: „A kötőanyagok, téglák, kő és falazatok anyagát a *Mihailich Győző – Földeák Árpád: Építőanyag* jegyzetéből vettük át.” – idézet a 453. oldalról. Így a *Mihailich – Földeák*-féle táblázat a *Palotás – Veress* (1957) féle jegyzet 162. oldalán is látható.
- A 300-as kohósalak- és traszportlandcement szilárdsági követelményeit a *Palotás – Balázs – Kilián: „Építőanyag praktikum”* című jegyzetben (1964) a 2.8. táblázatban tüntették fel, és szóltak róluk a habarcs- és betonszilárdságokat összehasonlító 2.9. táblázatban is.
- E jegyzetek táblázatai szerint a 300-as kohósalak-portlandcementet Hejőcsabán, a 300-as traszportlandcementet Bélapátfalván és Selypen gyártották – a fenn említett *Kilián*-féle (1974) jegyzet táblázata és például a *Műszaki Élet* (a *Műszaki és Természettudományi Egyesületek* lapja) 1973. június 22-i számának 6. oldalán megjelent SZTE (Szilikátipari Tudományos Egyesület) cikk szerint – 1973 előtt.
- 5) A 22,5 szilárdsági osztályú nagyon kis hőfejlesztésű különleges cementeket hazánkban jelenleg nem gyártják.

A megfelelő cementek alkalmazására a különböző környezeti osztályokban az MSZ 4799:2023 szabvány (2023-ig az MSZ 4798:2016 szabvány Q melléklete) tartalmaz ajánlást.

Lásd még: Bauxitcement, bauxitbeton; Gyengén hidraulikus kötőanyagok, Kőművescement, *Sorel*-cement, Szigmacement, Talajvizek betonra káros hatása

Cementálás

Lásd: Betétedzés

Cementbacilus

Az addig egyebek mellett *Candlot*⁵³-*Michaelis*⁵⁴-féle sónak nevezett, a szulfátos talajvíz hatására a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből képződő, a megszilárdult betont szétrepesztő másodlagos ettringit kristályokat ($6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) tű alakjuk és romboló hatásuk folytán *Michaelis* 1892-ben cementbacilus-nak nevezte.

Cementek alkalmazása

Az ajánlás a cementek környezeti osztályok szerinti alkalmazására 2023 őszéig az MSZ 4798:2016 szabvány Q melléklete volt, azóta az MSZ 4799:2023 szabvány tárgya.

Cementesztrich

Lásd: Esztrich

Cementgél

Cementgélnek a cement hidratációja során keletkező fázisokat először *Powers*⁵⁵ nevezte. A cementgél szilárd, pórusos anyag, amelynek térfogata a hidratálatlan klinker térfogatának mintegy kétszerese.

Lásd még: Cement hidratációja

⁵³ *Édouard Louis Candlot* (1858-) francia cementkutató. Híres könyve „Ciments et chaux hydrauliques. Fabrications, propriétés, emploi” címmel Párizsban jelent meg 1891-ban, és 1891-1906 között világszerte számos kiadást ért meg.

⁵⁴ *Wilhelm Michaelis* (1840, Magdeburg – 1911) német cementkutató, építőmérnök, 1907-ig a Berlin-lichterfeldi Cement- és Habarcstechnológiai Intézet (Zement- und Mörteltechnische Institut) vezetője volt. Utóda az intézet élén *Hans Kühl* lett.

A disszertációján alapuló, 1868-ban megjelent "Die hydraulischen Mörtel" című könyvében elsőként adta meg a cementgyártási nyers keverék kedvező összetételét. A „Zur Beurtheilung des Cementes” című könyve 1876-ban jelent meg. A másodlagos ettringit kristályokat *Michaelis* 1892-ben nevezte el cementbacilusnak.

Közel tíz évi kutatómunkája nagyban hozzájárult a tengervíz klorid- és szulfát tartalmának ellenálló, alumínát szegény, nagy vasoxid és mangánoxid tartalmú szulfátálló cement kifejlesztéséhez, amelynek az alumínát-modulusa minden valószínűség szerint $AM < 0,3$ volt. Ezt a cementet mészkő vagy kovásvanban gazdag meszesmárga és barna-, vagy pát- vagy más vasérc vagy nagy vastartalmú üledékes kőzet („Raseneisenstein” vagy „Rasenerz”) felhasználásával gyártották, ezért *Michaelis* „Erzzement”-nek („ércement”-nek) nevezte. Huszonkilenced magával 1888 decemberében a Neckar-menti Lauffenben portlandcement gyártására megalapította a „Württembergisches Portland-Cement-Werk zu Lauffen am Neckar” részvénytársaságot. A lauffeni cementgyárat 1891-ben helyezték üzembe. Az „Erzzement”-et 1901-ben a magdeburgi Grusonwerk AG szabadalmaztatta, 1903-tól pedig mintegy 25 éven át a Portland-Zement-Fabrik in Hemmor gyártotta. (*Stark et al.*, 2001).

⁵⁵ *Treval Clifford Powers* (1900-1997) amerikai kutató és szakíró, aki munkásságával megalapozta a portlandcement pépek és betonok szövetszerkezetének és tulajdonságainak tudományos megismerését. Harmincöt éven át (1930-1965) az amerikai Portlandcement Kutató Intézetben (Research Department of the Portland Cement Association) dolgozott. Tudományos közleményeinek száma mintegy 200.

Cementhabarcs

Cement, homok és víz, esetleg adalékszer friss vagy megszilárdult keveréke.

*Zielinski Szilárd*⁵⁶ egyetemi tanár írta (*Zielinski*, 1902): „Ha cémentről van szó, akkor a pép megnevezés a cémentnek pusztán vízzel, a habarcs pedig a cémentnek homokkal és vízzel való keverékét jelenti... E megnevezések régi keletűek. A pép a német irodalomban »Cementbrei« a franciában »pâte« névvel szerepel és azt szigorúan megkülönböztetik a habarcsból, amelyet németül »Mörtel«-nek és franciául »mortier«-nek neveznek.”

Cement hidratációja

Cementhidratációnak a cement és víz keverékének szilárdulási folyamatát nevezzük, amelynek során a cement vízmentes klinkerásványai (alit, belit, felit, celit) felhasadnak, és a keverővíz egy részét hidroxilgyök alakjában megkötik. A hidratáció kezdetben általában gyorsabb, majd lassuló, évekig tartó folyamat. A cement hidratációjának eredményeképpen a cementpép cementkővé szilárdul, a friss beton szilárd (megszilárdult) betonná válik.

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, Hidratáció, Klinkerásványok

Cementit

A cementit az Fe_2C képletű vaskarbid neve. (*Óvári szerk.*, 1985)

Lásd még: Acélglyártás, Vas-szén ötvözetek

Cementkő

Angolul: Hardened cement paste

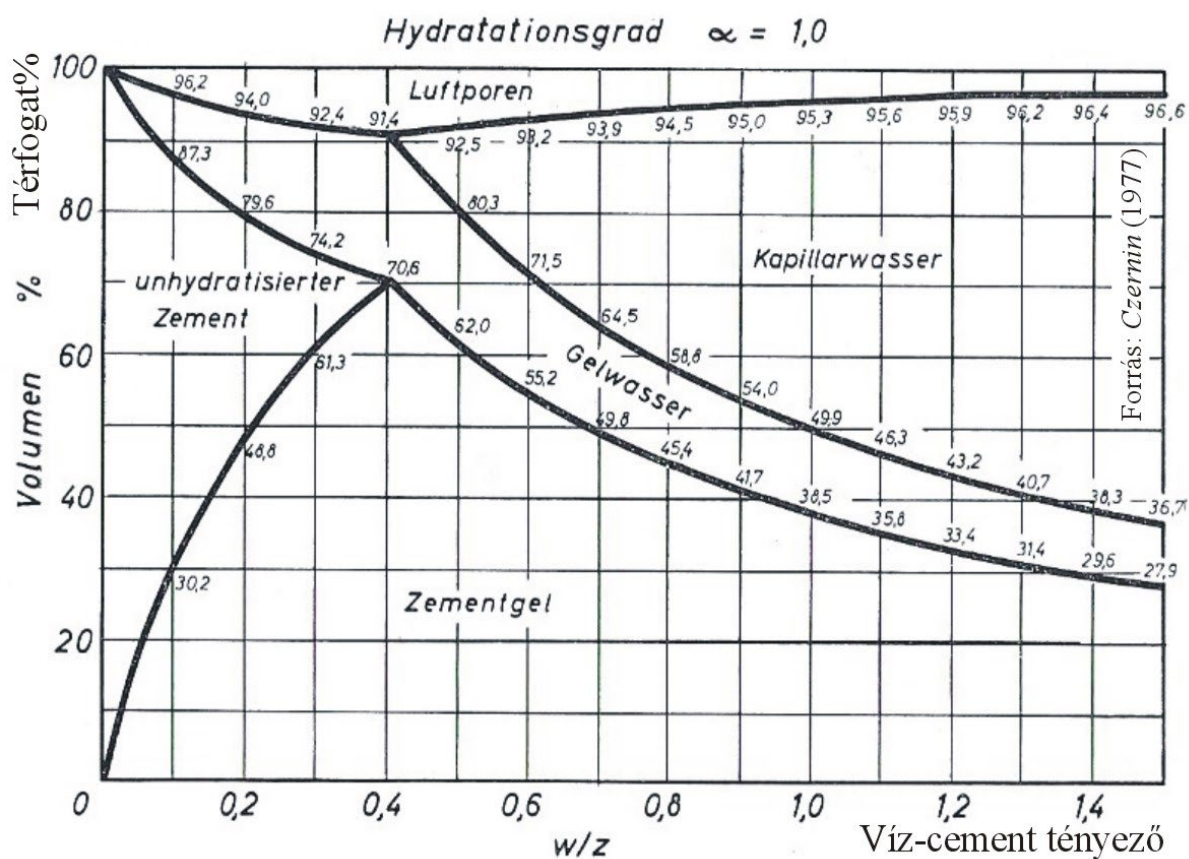
Németül: Zementstein

Cementkő a megszilárdult cementpép neve.

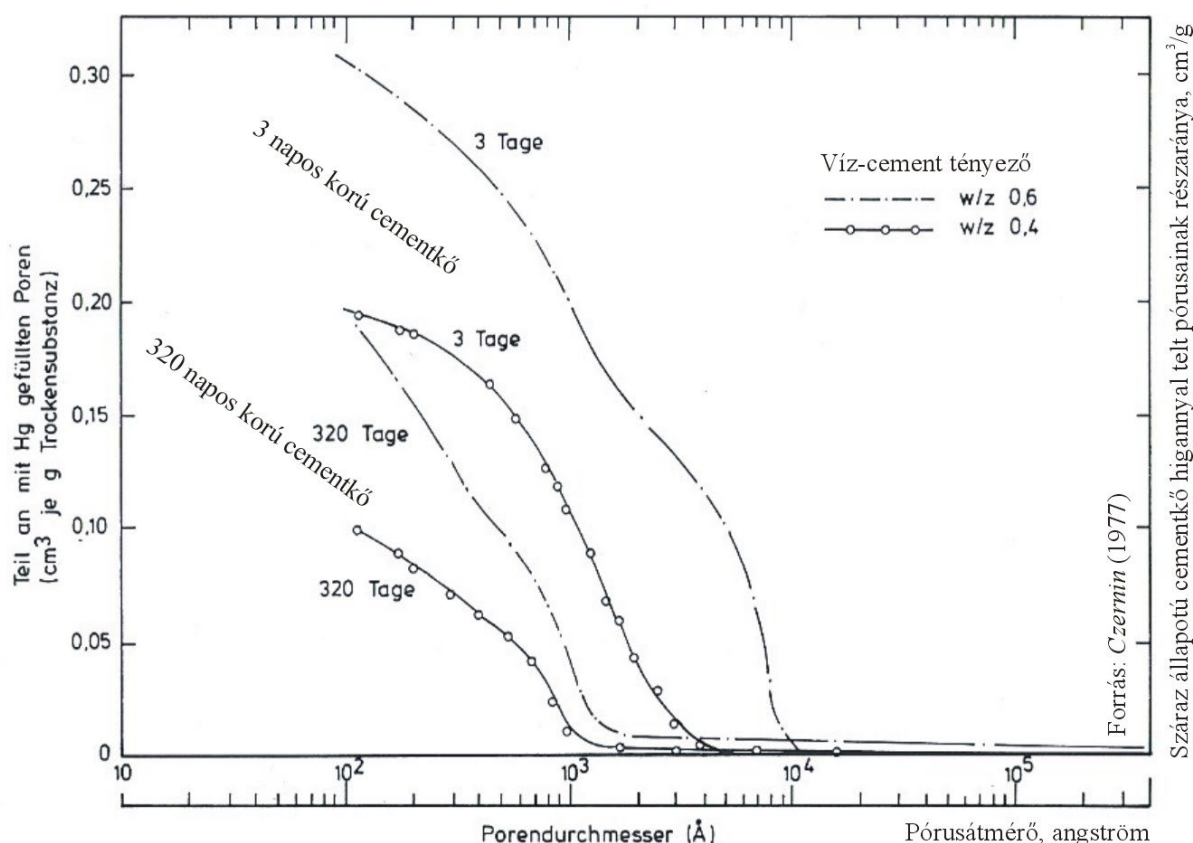
H. Rüsch (é.n.) – a *W. Czerninnek* adott személyes tájékoztatás szerint – kiszámította a 100% hidratációs fokú cementkő térfogatarányos összetételét a víz-cement tényező függvényében. *Czernin* (1977) könyvében az *1.5.C1. ábrával* pusztán a cementkő porozitási értékeinek a nagyságrendjét kívánta bemutatni, mert a kémiaiilag kötött víz egyértelműen nem határozható

⁵⁶ *Zielinski Szilárd* (1860, Mátészalka – 1924, Budapest), kultúrmérnök, szerkezettervező, egyetemi tanár. A magyar királyi József-Műegyetemen 1884-ben szerezte meg mérnöki oklevelét. Ezután állami ösztöndíjjal Németország, Anglia és Franciaország vasútjait, hidjait és egyéb nevezetes mérnöki alkotásait tanulmányozta, közben Párizsban az Eiffel cég tervező irodájában is dolgozott. 1881-ben *Kisfaludi Liptay Sándor* vasútépítő műegyetemi professzor tanszékén lett tanársegéd. A Műegyetemen 1897-ben magántanár, majd 1906-ban nyilvános rendes tanár lett az Út-Vasútépítési Tanszéken. 1902-ben – hazánkban elsőként – megszerezte a műszaki doktori címet. 1889-ben önálló mérnöki irodát nyitott, ahol elsősorban vasútépítéssel foglalkozott, amellyel velejár az acélhid-tervezés is. Párizsi útján megismerkedett *François Hennebique* (1842, Neuville-Saint-Vaast – 1921, Párizs) mérnökkel, vállalkozóval és vasbetonépítési szabadalmával. Hazatérése után irodáját vasbetontervezésre állította át, s hazánkban elsőként tervezett a Hennebique-rendszerrel különböző vasbetonszerkezetű hidakat, víztornyokat, silókat, épületeket stb. Nevéhez fűződik a kőbányai, a szegedi és a margitszigeti víztorony, az örményesi Temes-híd, a Ganz Vagon- és Gépgyár szerelőcsarnokának, stb. a tervezése. Legnagyobb szabású vasbeton híd- és szerkezet-tervezése a Fogaras-brassói vasútvonalon 1908-ban épült 167 m hosszú, 60 m középső nyílású, ívszerkezetű viadukt. *Zielinski Szilárd* az első elnöke volt az 1897-ben megalakult Magánmérnökök Országos Szövetségének, 1920-ban elnökévé választotta a Magyar Mérnök- és Építészegylet, 1921-ben a Közmunkák Tanácsának lett az elnöke. Közel két és fél évtizeden át küzdött a Magyar Mérnöki Kamara megalapításáért, amelynek 1924-ben első elnökévé választották. Emlékét a Magyar Mérnöki Kamara által 2000-ben alapított *Zielinski Szilárd-díj*, a Műegyetem kertjében mellszobra (készítette: *Zielinski Tibor*), a Budapest, XI. Budafoki út 3. alatti lakóház falán – ahol lakott – emléktábla, a Margitszigeten a nevét viselő sétány, Mátészalkán a régi vasútállomás falán emléktábla őrzi. 2004. szeptember 25-én a Magyar Örökség és Európa Egyesület mérnöki alkotó munkásságát, amellyel a vasbetonépítést hazánkban meghonosította, Magyar Örökség Díjban részesítette. A mérnöktársadalom méltán nevezi a vasbetonépítés magyar apostolának (*Kausay*, 2004, 2009).

meg a kolloid hidratációs termékek rendszerében, amely a vizet a fizikai kötéstől a kémiai kötésig terjedő energiaállapotban tartalmazza.



1.5.C1. ábra: A 100% hidratációs fokú cementkő összetevőinek térfogataránya a víz-cement tényező függvényében *Rüsch* (é.n.) után (*Czernin*, 1977)



1.5.C2. ábra: Különböző korú cementkőminták pórusméreteloszlási görbéi *Diamond* (1968) után (*Czernin*, 1977)

A cementkőben, amelynek víz-cement tényezője a jó beton gyakorlati nagyságrendjében van, a póruseloszlás az angströmtől⁵⁷ a mikron nagyságrendjéig terjed. Az 1.5.C2. ábra a különböző cementkőminták póruseloszlását mutatja 10^4 és 10^2 angström között, amelyet *Diamond* (1968) úgy határozott meg, hogy a megszáradt cementkőbe növekvő nyomással higanyt injektált. Minden nyomásszint egy adott pórusugárnak felel meg, amely még elérhető volt a higany számára. Látható, hogy a víz-cement tényezőtől és a hidratáció mértékével arányos időtől függően a legdurvább pórusok 10^3 és 10^4 angström között vannak, és onnantól lefele egészen egyenletes póruseloszlás látható egészen a finomabb, 10^2 angström tartományig. A mérések itt véget értek, mert a kisebb pórusokat a higanyos módszerrel már nem lehetett a kívánt megbízhatósággal kimutatni. Ha megnézzük például a 0,4 értékű víz-cement tényezőhöz tartozó 320 napos cementkő görbét, akkor azt látjuk, hogy az elméleti pórussteret, amelynek 30 térfogatszázalék körül kellene lennie, közel sem lehetett higanyval kitölteni: jelentős üregtérfogat üresen maradt, tehát a cementkőnek 100 angströmnél kisebb pórusugarakat is kell tartalmaznia (*Czernin*, 1977).

F. Wittmann és *G. Englert* (1967) az gázadszorpciós módszerrel a 20 angström körüli pórusméret-tartományban talált maximumot. Ez az eredmény összeegyeztethető *Powers* (1948, 1961) nézetével, miszerint a tobermorit gél a 20 angström nagyságrendű tartományban viszonylag egyenletes porozitású, míg a kapillaris tér a víz-cement tényezőtől függően

⁵⁷ Egy angström (a jele: Å) a nanométer tizedrésze, a méter tízmilliárdod része: $10 \text{ Å} = 1 \text{ nm}$, $1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} = 100 \text{ pm} = 0,1 \text{ nm}$

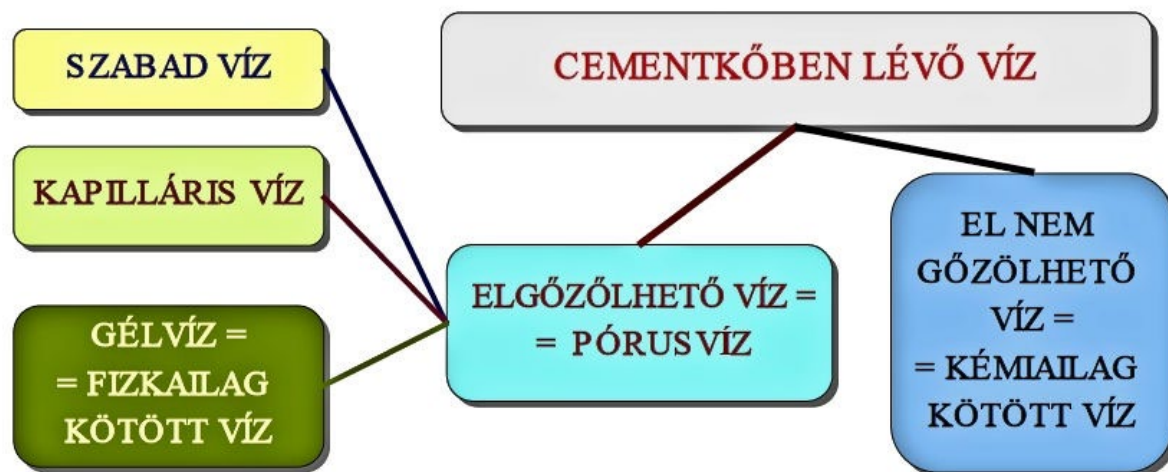
Az angström hosszúságegység nevét *Anders Jonas Ångström* (1814, Lögdö, Svédország – 1874, Uppsala) svéd fizikustól, a szinképelemzés (spektroszkópia) egyik megalapítójától kapta. *Ångström* az uppsalai egyetemen végezte tanulmányait, 1839-ben egyetemi magántanár, majd 1858-tól a fizikai tanszék vezetője, 1843-tól az uppsalai obszervatórium munkatársa lett.

folyamatos pórusedoszlású. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a megszilárdult cementpépben vízzel hozzáférhető pórusok találhatók, amelyek átmérője körülbelül 10 angströmtől körülbelül 10000 angstömig terjed (Czernin, 1977).

Lásd még: Cementkőben lévő víz, Tűz hatása a betonra

Cementkőben lévő víz

A cementkőben lévő víz összetevőit az 1.5.C3. ábrán látható módon szokás csoportosítani.



1.5.C3. ábra: A cementkőben lévő víz összetevőinek csoportosítása

Lásd még: Cementkő, Egyensúlyi víztartalom, Tűz hatása a betonra

Cementpép

A cement és víz friss állapotú keveréke. A megszilárdult cementpépet cementkőnek nevezzük.

Lásd még: Adalékanyag pépigénye, Cementhabarcs, Cementpép kötési folyamata

Cementpépigény

Lásd: Pépigény

Cementpép kötési folyamata (cement kötési folyamata), kötési ideje

A cementpép állapota a kötési folyamat során az idő előrehaladtával folyamatosan változik. A cement és a víz összekeverése után kezdetben képlékeny állapotú cementpép egyre inkább elveszti folyadékszerű viselkedését, keményedik, majd bizonyos idő múlva elkezd kötni, megköt és végül cementkővé alakulva megszilárdul. A kötési folyamat gyorsasága cementfajtától függően különböző, és minthogy jelentősen befolyásolja a beton szilárdulási ütemét, jellemzésére és szabályozott feltételek közötti rendszeres vizsgálatára van szükség.

A cementpép, illetve a cement kötési folyamatát szabványos összetételű, szabványos folyósságú cementpépen a *Vicat*-készülék segítségével vizsgáljuk az MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerint. A kötési folyamatot a víznek a cementhez keverésétől számított kötési idő – a *Vicat*-tű megfelelő behatolási mélységéhez tartozó – kezdetével és végével jellemezzük (1.5.C4. ábra).

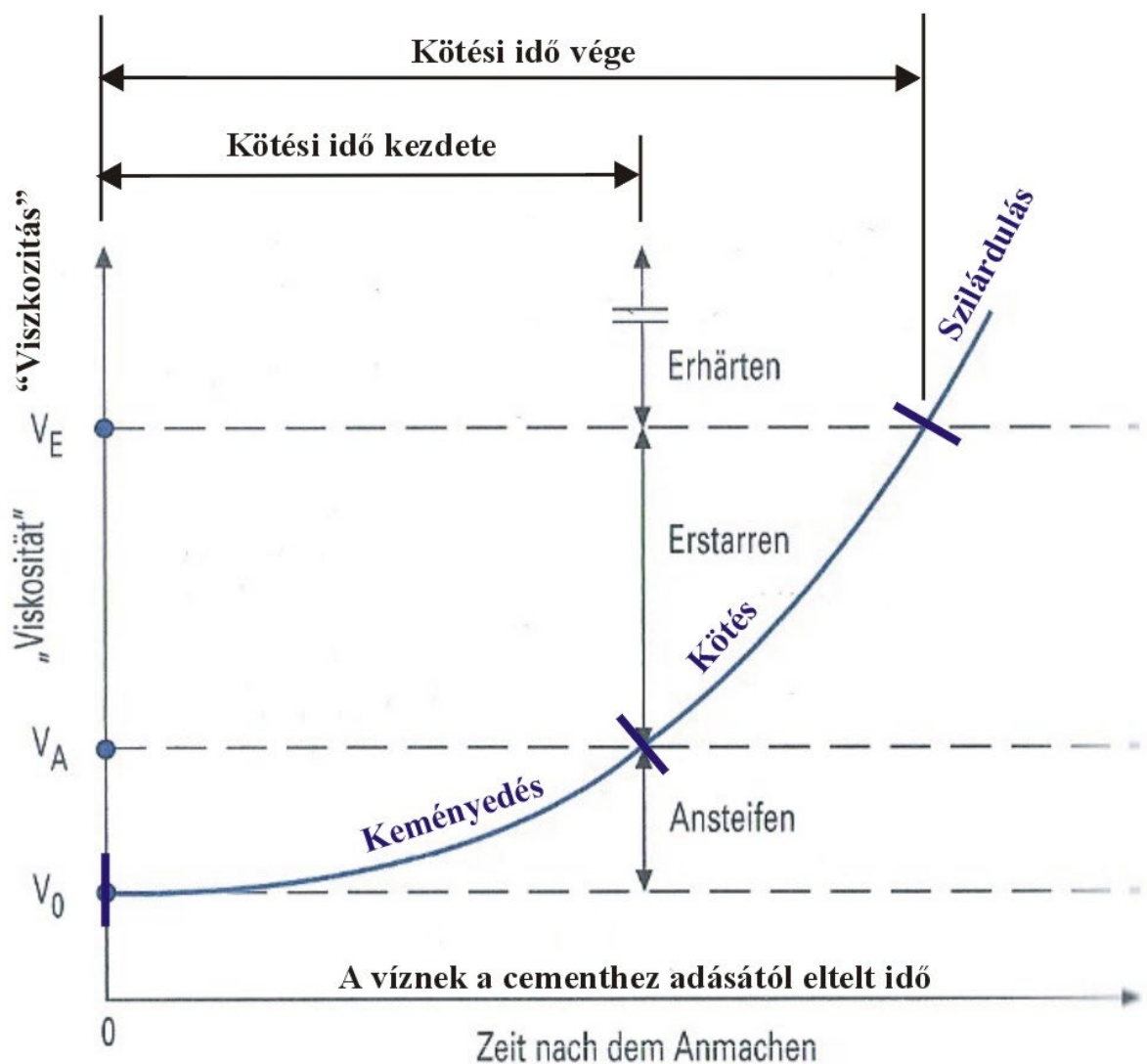
A szabványos folyósságú cementpép víztartalma cementfajtánként változó, általában 23-34 tömeg%.

A 32,5 szilárdsági osztályú cementek kötési idejének kezdete ≥ 75 perc, a 42,5 szilárdsági osztályúaké ≥ 60 perc, az 52,5 szilárdsági osztályúaké ≥ 45 perc; a kötési idő végére nincs előírás (MSZ EN 197-1:2011, MSZ 4737-1:2013).

A visszavont MOSz 32:1935 szabványban előírták, hogy a portlandcement kötési idejének kezdete legalább 1 óra legyen, a kötési idő vége pedig 3 és 12 óra közé essék. A visszavont

MSZ 4702-2:1981 szabvány szerint a 42,5 R és 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementek kötési idejének vége ≤ 8 óra, az egyéb általános felhasználású portlandcementeké ≤ 10 óra, a visszavont MSZ 4702-4:1982 szabvány szerinti S-54 jelű szulfátálló és valamennyi S-100 jelű mérsékelt szulfátálló portlandcementté ≤ 12 óra volt.

Megjegyzés: A cement kötési idejének vizsgálatához beállított szabványos folyósságú cementpép víztartalma nem azonos a cement *Ujhelyi*-féle vízigényével.



1.5.C4. ábra: A cementek MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerinti kötési idejének értelmezése (*Zement-Taschenbuch*, 2008). Megjegyzés: A víz hozzáadásának időpontján ($0 \rightarrow$ „nullaidőpont”) a keverőgép elindításának időpontja értendő (MSZ EN 196-1:2016).

Lásd: Cement hidratációja, Cementkő, Ceruzabeszúrási kísérlet, S-54 szulfátálló portlandcement, Szulfátálló cement, *Vicat*-készülék, Viszkozitás,

Cement vízigénye

A cement vízigénye az őrlésfinomság, illetve a fajlagos felület függvénye. Tömegarányban vagy tömegszázalékban szokták kifejezni. Jele: v_c

Ujhelyi (1989 és 2005) különböző fajlagos felületű cementeket változó mennyiségű vízzel kevert össze, és Ø2 mm nyílású lyukakkal nem túl sűrűn átlukasztott palástú Ø150×300 mm méretű próbahengerben vizsgálta, hogy vibrálás hatására mennyi idő múlva kezd a víz vagy a

cementpép a nyílásokon kifolyjni. Kísérleti eredményei alapján tömegarányban felírta a cement vízigényének (v_c) összefüggését:

$$v_c = [0,3 + 0,0003 \times (f - 100)] \times e^{-[0,33 \times (0,1 \times k_v)^{0,3}]}$$

ahol: f = a cement fajlagos felülete m^2/kg mértékegységben

k_v = a cement víztartóképessege s mértékegységben

Megjegyzés: A cement *Ujhelyi*-féle vízigénye nem azonos a cement kötési idejének vizsgálatához beállított szabványos folyósságú cementpép víztartalmával.

Lásd még: Fajlagos felület, Cementpép kötési folyamata

Cem-fil üvegszál

Lásd: Szálerősítésű beton

CEN Comité Européen de Normalisation

A CEN Európai Szabványügyi Bizottság magánkezdemenyezésű, nonprofit civilszervezet. Székhelye Brüsszel.

Az Európai Gazdasági Közösség (EGK) és (EFTA) országok 1960. június 10-én állapodtak meg két európai szabványügyi szervezet, a CEN és a CENEL (később CENELEC) létrehozásában, az európai szabványok egységesítésének szándékával, az erős és egységes belső európai piac kialakítása érdekében.

A CEN-t 1961-ben 13 állam alapította meg, ma 34 ország a tagja. A CEN – a https://www.cenelec.eu/News/Brief_News/Pages/TN-2020-031.aspx szerint – ma, 2020-ban már mintegy 90.000 műszaki szakember segítségével dolgozik a 480 millió fős európai piac szabványainak egységesítésén.

A CEN szervezetében az Európai Unió és az EFTA (European Free Trade Association = Európai Szabadkereskedelmi Társulás) tagállamai (Izland, Liechtenstein, Norvégia és Svájc) mellett uniós tagságra várakozó államok (Albánia, Észak-Macedónia és Törökország) is jelen vannak.

A CEN szatelitszervezeteket hozott létre: a telekommunikációs szabványokat az ETSI (European Telecommunications Standards Institute = Európai Távközlési Szabványosítási Intézet) gondozza, míg az elektrotechnika egyéb területén a CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization = Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság) tevékenykedik.

Irodalom: *Hartlieb et al* (2016)

Ceruzabeszúrási (benyomási) kísérlet

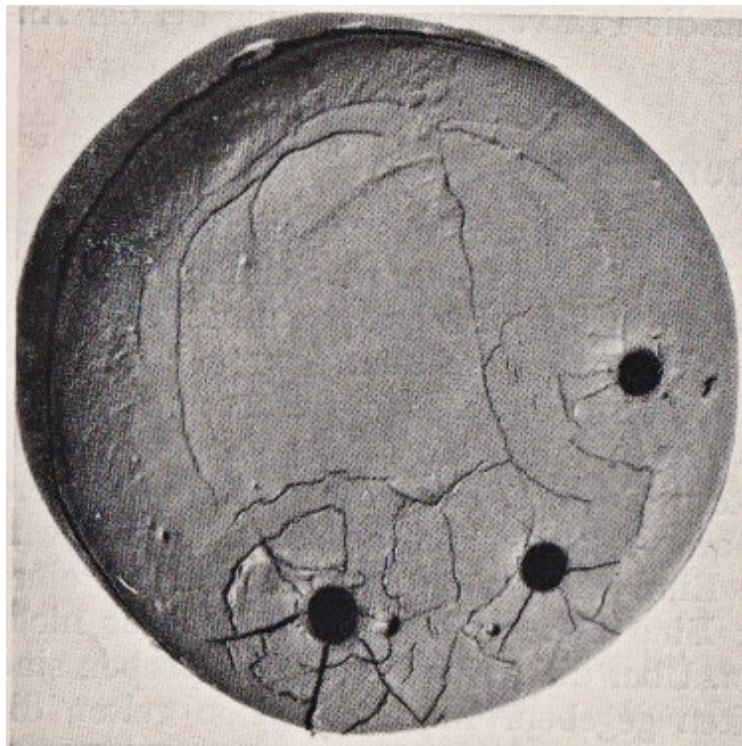
Németül: Eindruckversuch

A cementek hozzátétőleges kötés kezdetének helyszíni ellenőrzésére ceruzabeszúrással *Haegermann* tett javaslatot (*Haegermann*, 1931), és a módszert a nagyon gyorsan kötő különleges cementek (Schnellerstarrender-Zenent, SE-Zement; a kötés kezdete: ≤ 45 perc) esetén a DIN 1164-11:2024 szabvány szerint lehet alkalmazni, ha a nagyon gyors kötés miatt a kötés kezdete a *Vicat*-tűvel (MSZ EN 196-3:2017) nem határozható meg.

A ceruzabeszúrási kísérletet eredetileg 100 g cementből és 23-30 g vízből kevert, üveglapon 80-100 mm átmérőjű lepénnyé tömörített cementpépen végezték oly módon, hogy a pép elkészítése utáni 55. percben, majd 5 percenként ismételve, a cementpéplepénybe, annak szélétől mintegy 15 mm-re, függőlegesen, egészen az üveglapig, a hegyénél 3 mm átmérőjű ceruzahüvely alakú pácát nyomtak. A kötés kezdete az az időpont, amikor a pálca beszúráskor a lepény a perem és a beszúrási helye között bereped (*1.5.C5. ábra*). A cement feltehetőleg

szabványos kötéskezdetű, ha a cementpéplepény 1,0 órás korban még olyan puha, hogy a pálca beszúrásakor peremrepedés nem keletkezik. (*Siebel szerk.*, 3. kötet, 1957)

A DIN 1164-11:2024 szabvány szerint a ceruzabeszúrási kísérletet megfelelő összetételű, nagysebességgel 15 másodpercig kevert, majd üveglapon ütögetéssel tömörített, mintegy 100 mm átmérőjű, (10-15) mm magas cementpéplepényeken kell végezni.



1.5.C5. ábra: A peremen berepedt ceruzabeszúrási kísérleti cementpéplepény (*Siebel szerk.*, 3. kötet, 1957)

A „ceruzabeszúrási kísérlet” nem tévesztendő össze a „ceruzapróbával”.

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, Ceruzapróba

Ceruzapróba

A ceruzapróba, illetve a körömpróba a cementek kötés kezdetének és végének régi, hozzátvetőleges, közelítő ellenőrzési módja.

Az időpont, amikor víznek a cementhez való hozzáadása után a cementpéplepény egy keményfa rudacska, illetve ceruza vagy köröm benyomásának már némiképp ellenáll, a *kötés kezdete*; az időpont pedig, amikor a köröm a lepényen nyomot már nem hagy, a *kötés vége*. (*Palotás et al.*, 2. kötet, 1979)

Ugyancsak ceruzával határozták meg régebben a helyszínen a cementek kötésének kezdetét, *Haegermann* javaslatára (*Haegermann*, 1931) az ún. „ceruzabeszúrási” kísérlettel. (*Siebel szerk.*, 3. kötet (1957)

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, Ceruzabeszúrási kísérlet

CF-szám

Lásd: Tömörödési tényező, *Glanville-féle*

Charpy-kalapács

Lásd: Acél szívóssága

CT (Computed Tomography) alkalmazása betonvizsgálatra

A CT (Computed Tomography) alkalmazásával építőanyagok, például betonok szövetszerkezetének vizsgálatára *Lublóy Éva* és szerzőtársai kísérleteztek (*Lublóy et al.*, 2021). Megállapították, hogy az építőanyagok nagy része inhomogén, tehát keresztmetszetüket sűrűségkülönbség jellemzi, ezért az anyagszerkezetük CT-vel jól vizsgálható. Az anyagszerkezeti leromlások során az anyagok sűrűsége, szerkezete lényegesen megváltozik ezért ezek a folyamatok, például a tűzkárosodott és a fagyhatás következtében leromlott minták pórus szerkezetének változása is nyomon követhető és kimutatható CT felvételek segítségével.

Cusum minősszabályozási kártya és minősszabályozási módszer

Cusum-kártya („Cummulative sum”-kártya) a halmozott összegek ellenőrző kártyája, az 5%-os AOQL átlagos kimenő hibaszint határ (MSZ 247-1:1977 visszavont) követelményét teljesítő gyártási folyamatok minősszabályozási kártyáinak egyike, a matematikai statisztikai minőségellenőrzés eszköze.

Gazdaságos minőségellenőrzési vizsgálati tervet Cusum-kártyával először *Taylor* készített 1968-ban (*Bonneval*, 1989).

A Cusum minősszabályozási kártya betontechnológiai alkalmazására az MSZ 4798:2016 szabvány H mellékletében mutatnak be eljárást. A H mellékletben megadottaktól eltérő esetek megoldására háttér irodalomként a CEN/TR 16369:2012 európai műszaki jelentést ajánlják, amely a Cusum minősszabályozási kártyák tekintetében *Caspeele* és szerzőtársai (2009) tanulmányán alapul.

Az MSZ 4798:2016 szabvány H mellékletében ugyancsak bemutatott *Shewhart*-kártya a Cusum-kártyánál kevésbé érzékeny. Míg a *Shewhart*-kártyával ellenőrzött gyártási folyamatba akkor avatkoznak be, ha valamely adott időpontban a vizsgálati eredmény a felső vagy alsó minősszabályozási határvonalat átlépi, addig a Cusum-kártyával a célértéktől való eltéréseket folyamatosan összeadják, és a gyártástechnológiai döntéseket az eltérésösszegek (hibaösszegek) alapján hozzák meg. A Cusum-kártyával a folyamatjellemzők kicsi és lassú változását is érzékelni lehet. A Cusum-kártyás minősszabályozás esetében a gyártási folyamatba történő bármilyen beavatkozás az összes, a legutóbbi hibajelentés utáni vizsgálati eredménytől függ. Míg *Shewhart*-kártyával csak a jelen idejű adatok vehetők figyelembe, addig a Cusum-kártyán a korábbi adatokat is rögzítik és felhasználják, azaz a Cusum-kártyának memóriája van (*Rinne et al.*, 1995).

Ugyanez vonatkozik az EWMA-kártyás minősszabályozásra is, azzal a különbséggel, hogy ezesetben a régebbi vizsgálati eredményeket eltérő súllyal veszik figyelembe a gyártástechnológiai döntéseknél (*Rinne et al.*, 1995).

Az EWMA-kártyás minősszabályozást az MSZ 4798:2016 szabvány nem tárgyalja.

Lásd még: *Shewhart* minősszabályozási kártya és minősszabályozási módszer; EWMA minősszabályozási kártya és minősszabályozási módszer

Csiszolás

Lásd: Betonpróbatetek csiszolása

Csukló

Lásd: Gömbcsukló

Csúszásgátlási osztály, csúszási ellenállási osztály, csúszóssági osztály

Lásd: Csúszási súrlódás, Fajlagos barázdaterfogat

Csúszási súrlódás, csúszó súrlódás, csúszósúrlódás, mozgási súrlódás

A csúszási (csúszó) súrlódás az érdes felületen a húzóerő hatására a *vízszintes felületen csúszó* (már csúszó) testre, a test mozgásának irányával ellentétes irányban ható fékező erő, amely ellentétes irányú és egyenlő nagyságú a húzóerővel. A fékező erő, azaz a csúszási súrlódási erő – más szóval a csúszási súrlódás – (F_{cs}) nagysága arányos a vízszintes felületet nyomó, arra merőleges erővel, azaz a nyomóerővel (F_{ny}):

$$F_{cs} = \mu \times F_{ny}$$

ahol μ a *dinamikai csúszási súrlódási tényező* (mozgás közben mért csúszási súrlódási tényező), amelynek számértéke a két érintkező felület megmunkáltságától, anyagi minőségétől, a hőmérséklettől függ, de nem függ az érintkező felületek nagyságától.

A μ a *dinamikai csúszási súrlódási tényező* értékét úgy nevezett „tribométeres” vizsgálattal (lásd lejjebb) lehet felvenni. (A tribológia görög eredetű kifejezés, az egymással kölcsönös mozgási viszonyban lévő felületeket kutató tudományág, illetve az ennek eredményeit felhasználó technika megnevezése. Lásd: Bakos szerk., 1973)

Megjegyzés: Ha a test éppen nem csúszik, azaz még éppen nyugalomban van, mert a vízszintes felületek irányába ható erő éppen kisebb a csúszási súrlódási erőnél, akkor *statikai csúszási súrlódási tényezőről* beszélünk (μ_0), amely esetben a csúszási súrlódási erő (a csúszási súrlódás) értéke:

$$F_{cs} \leq \mu_0 \times F_{ny}$$

A statikai csúszási súrlódási tényező (μ_0) általában nagyobb a kinematikai csúszási súrlódási tényezőnél (μ): μ_0 általában $> \mu$.

A csúszási súrlódás (F_{cs}) ellenében – húzóerő nélkül – az α *hajlásszögű lejtőn* fekvő test csak akkor csúszhat, ha a lejtő hajlásszögének tangense legalább akkora, mint a dinamikai csúszási súrlódási tényező:

$\text{tg } \alpha \geq \mu$, illetve a megcsúszás határán:

$$\text{tg } \alpha_0 = \mu_0 \text{ és } \mu_0 = \text{tg } \alpha_0 = \frac{F_{GL}}{F_{GM}}$$

ahol: μ_0 = a statikai csúszási súrlódási tényező;

F_{GL} = a lejtőre ható súlyerőnek (F_G), azaz a test súlyának ($G = F_G$) a lejtőirányú komponense, más szóval a lejtőirányú erő;

F_{GM} = a lejtőre ható súlyerőnek (F_G), azaz a test súlyának ($G = F_G$) a lejtőre merőleges komponense, más szóval a lejtőre merőleges erő.

Ugyanis a lejtőre ható súlyerő (F_G) vektoriálisan felbontható egy lejtőirányú (F_{GL}), és egy lejtőre merőleges komponensre (F_{GM}). A lejtőirányú erő $F_{GL} = F_G \times \sin \alpha$, míg a lejtőre merőleges erő $F_{GM} = F_G \times \cos \alpha$ (ahol α a lejtőnek a vízszintessel bezárt szöge). A lejtő irányú erő (F_{GL}) a fenti vízszintes húzóerő szerepét (F_{cs}), a lejtőre merőleges erő (F_{GM}) a fenti függőleges nyomóerő (F_{ny}) szerepét veszi át, és így a megcsúszás határán:

$$F_{GL} = F_G \times \sin \alpha_0 = \mu_0 \times (F_G \times \cos \alpha_0) = \mu_0 \times F_{GM},$$

amelyet rendezve a *statikai csúszási súrlódási tényező lejtő esetén*:

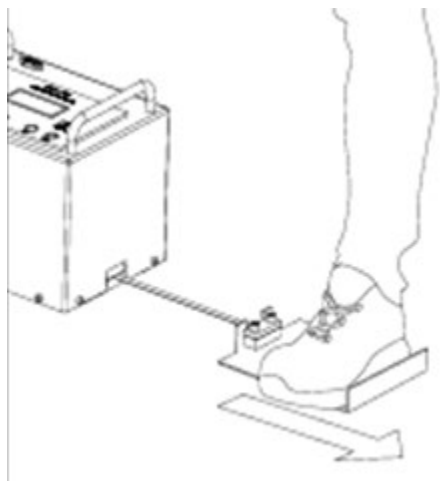
$$\mu_0 = \frac{F_G \times \sin \alpha_0}{F_G \times \cos \alpha_0} = \text{tg } \alpha_0$$

Ha a lejtő α hajlásszöge zérus értékről növelve eléri az α_0 hajlásszöget, akkor a lejtőn lévő test még éppen megőrzi nyugalmi helyzetét, de végtelenül kis hajlásszög-emelés hatására, külső erő hatása nélkül elkezd lefele csúszni a lejtőn.

A *padlóburkolatok csúszási súrlódási tényezőjét* a DIN 51131:2014 szabvány szerint lehet meghatározni. E német szabványban nem magát a mérőberendezést, hanem azokat a vizsgálati elveket és jellemzőket írták elő, amelyeket a súrlódásmérő-berendezés tervezése és a vizsgálat végzése során alkalmazni kell. A DIN 51131:2014 szabvány szerint meghatározott csúszási

súrlódási tényezők nem vethetők egybe a DIN 51097 és a DIN 51130:2014 szabványban leírt vizsgálati módszerek eredményeivel, és nem használhatók a csúszásgátlási (németül: Rutschhemmung) osztályba (vizes felületen: A, B, C és olajos felületen: R9, R10, R11, R12, R13) soroláshoz. A DIN 51131:2014 szabvány szerinti mérőberendezés különféleképpen összeépíthető (9 ± 1) N/cm² talpnyomású nyomótestből, húzóegységből, csúszólapból, erőmérőeszközből és a húzóegységet a csúszóegységgel összekötő, húzóerő-továbbító vonókötélből, vonószalagból vagy vonórugóból áll. Az összeépítésnek többfélekéféle változatát ismertetik a DIN 51131:2014 szabvány mellékleteiben:

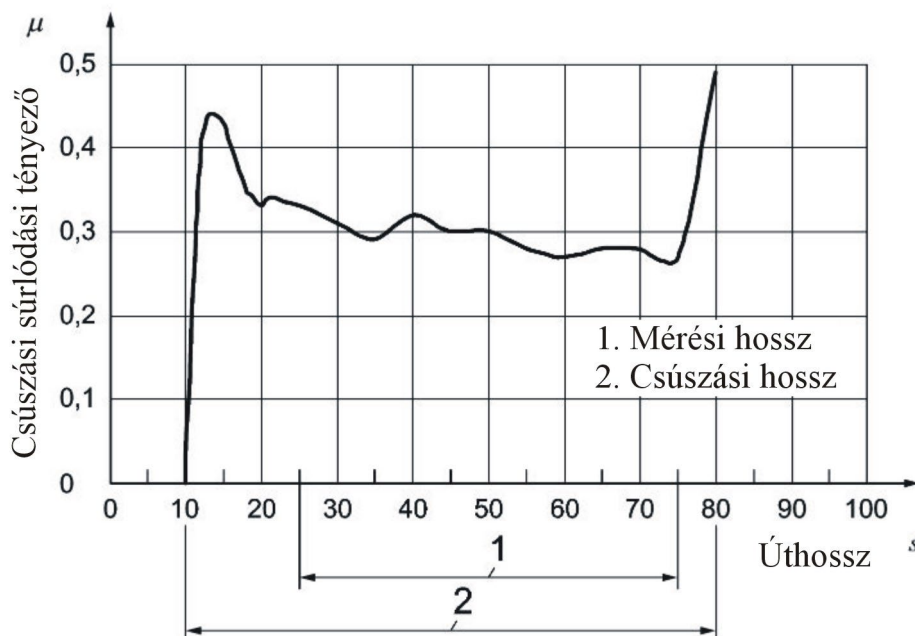
- A. melléklet szerinti egyik változat: A rögzített húzóegység a vizsgáló személy egyik lábával elmozdulásmentesen a padlóhoz nyomott taposólemez (Trittplatte), amely felé a motorral, nyomótesttel, erőmérőeszközzel rendelkező, nyomótest súlyú „aktív” csúszóegység vonókötéllal vagy vonószalaggal magát húzza. Ezt az eljárást nevezik *tribométeres* vizsgálati módszernek, amelyen például a *GMG-200 márkanévű* súrlódási tényező-mérő műszer (Gleitreibungsmessgerät GMG-200, GTE Industrieelektronik GmbH, Viersen, Németország) működése alapul (1.5.Cs1. ábra).



1.5.Cs1. ábra: A DIN 51131:2014 szabvány A. melléklete szerinti *tribométeres* vizsgálat elvi vázlata (GTE Industrieelektronik GmbH, Viersen, Németország). Megjegyzés: A szabványban a „tribométeres” jelzőt nem használják.

- A. melléklet szerinti másik változat: A nyomótest súlyú csúszóegység „passzív” és a motor, valamint erőmérőeszköz a rögzített húzóegységben található, amely utóbbi a „passzív” csúszóegységet maga felé húzza.
- B. melléklet szerinti egyik változat: Ezzel a módszerrel az A. melléklet szerinti tribométeres vizsgálat „aktív” csúszóegységének a mérőeszközét oly módon ellenőrzik, hogy az „aktív” csúszóegységet elmozdulásmentesen rögzítik, és a húzóerőt az „aktív” csúszóegység mérőeszközére „húzórugós erőmérő” közbeiktatásával működtetik. Az „aktív” csúszóegység mérőeszközén leolvasott súrlódási tényező összhangban kell legyen a „húzórugós erőmérőn” leolvasott értékkel.
- B. melléklet szerinti másik változat: Ezzel a módszerrel az A. melléklet szerinti tribométeres vizsgálat „aktív” csúszóegységének a mérőeszközét oly módon ellenőrzik, hogy az „aktív” csúszóegységet elmozdulásmentesen rögzítik, és annak mérőeszközét függőlegesen függő vizsgálati súlyokkal terhelik. Az „aktív” csúszóegység mérőeszközén leolvasott súrlódási tényező összhangban kell legyen a vizsgálati súlyok és a csúszóegység súlyának hányadosával.

A súrlódásmérő-berendezés húzóegységének a csúszóegységet egyenletes sebességgel kell húznia a vízszintes felületen előkészített mérőhosszon, miközben az erőmérőeszköz a csúszási súrlódási erőt méri, illetve megfelelő kialakítás esetén közvetlenül a csúszási súrlódási tényező úthossz abszcisszájú diagramját felveszi (1.5.Cs2. ábra). A mérési eredmény a mérési hosszban mért a csúszási súrlódási erő értékek átlagának és a nyomóerőnek a hányadosa vagy a mérési hosszban közvetlenül mért csúszási súrlódási tényező értékek átlaga.



1.5.Cs2. ábra: Példa a DIN 51131:2014 szabvány szerinti *tribométeres* csúszási súrlódási tényező-mérés diagramjára

Az 1.5.Cs2. ábrához hasonló statikai csúszási súrlódási (németül: Haftreibung) és dinamikai csúszási súrlódási (németül: Gleitreibung) tényező-mérési diagramot lehet a főképp Franciaországban és a Benelux államokban elterjedten használt *FSC 200 márkajelű* műszerrel (MCS Mechanik UG GmbH, Feldkirchen, Németország) felvenni és kinyomtatni. A célszerűen mintegy 0,2 m/s sebességgel haladó önjáró műszer a beépített csúszólapot 24 N erővel nyomja a vizsgált felülethez, miközben a csúszólap-vezérelte, beépített nyúlásmérőeszközön (németül: DMS-System, DMS → Dehnungsmeßstreifen) mért nyúlásból a csúszási súrlódási tényezőt kiszámítja és kijelzi.

A DIN 51130:2014 szabványban a *munkahelyi, csúszásveszélyes padlóburkolatok* csúszási tulajdonságainak „*cipős lejtős mérőpados*” vizsgálatával foglalkoznak, és előírják a vízszintes padlóburkolatok járásbiztos hajlásszöge (németül: Akzeptanzwinkel) mérésének módszerét. Megjegyzendő, hogy nem a padlóburkolatnak – amely vízszintes –, hanem a mérőpad síkjának van lejtése.

Csúszásveszélyes a munkahelyi, például zsírral, olajjal, élelmiszer-, étel- és zöldszékkel szennyezett, továbbá a lisztes, poros stb. padlóburkolat. A vizsgáló berendezés egy változtatható hajlásszögű, kenőanyaggal bevont padlóburkolatmintával borított mérőpad. A két vizsgálószemély által többször ismételt vizsgálat során a szabványos talpú vizsgálati cipőt viselő vizsgálószemély félcipőnyi lépésben előre és hátra lépked a dőlését mintegy 1°/s sebességgel növelő mérőpadon a járásbiztos hajlásszög eléréséig, majd a mért járásbiztos hajlásszögek átlagértéke alapján a vizsgált padlóburkolatot csúszásgátlási osztályba (németül: Klasse der Rutschhemmung) sorolják (1.5.Cs1. táblázat).

1.5.Cs1. táblázat: Padlóburkolatok „cipős lejtős mérőpados” csúszásgátlási osztálya a DIN 51130:2014 szabványban

A mérőpad átlagos járásbiztos hajlásszöge				
6° - 10°	10° - 19°	19° - 27°	27° - 35°	35° felett
Csúszásgátlási osztály				
R 9	R 10	R 11	R 12	R 13

Eszerint valamely anyagból készített, adott felületi kialakítású (struktúrájú), csúszásveszélyes, vízszintes padlóburkolat az adott munkahelyi körülmények között akkor járásbiztos, ha a szóban forgó munkahelyre előírt átlagos járásbiztos hajlásszögnek a DIN 51130:2014 szabványbeli „cipős lejtős mérőpados” vizsgálat alapján megfelel.

A csúszásveszélyes padlóburkolatok DIN 51097:1992 szabvány szerinti „*mezítlábas lejtős mérőpados*” csúszóssági vizsgálata lényegében csak annyiban tér el a belőle származtatott DIN 51130:2014 szabvány szerinti vizsgálattól, hogy a vizsgált padlóburkolatmintát a vizsgálat folyamán folytonosan és egyenletesen nedvesíteni kell a (6 ± 1) liter/perc mennyiségben áramló, semleges kémhatású nedvesítőszer vizes oldatával, és a vizsgálószemélyek mezítláb lépkednek féllábfej-hossznyit előre és hátra a dőlését mintegy 1°/s sebességgel növelő mérőpadon. Ha a meghatározott átlagos járásbiztos hajlásszög $12^\circ - 18^\circ$, akkor a csúszásgátlási osztály: A, ha $18^\circ - 24^\circ$, akkor B és ha $\geq 24^\circ$, akkor C.

Az 1.5.Cs3. ábrán a padlóburkolatok DIN 51097:1992 és DIN 51130:2014 szabvány, illetve CEN/TS 16165:2016 európai műszaki specifikáció szerinti lejtős mérőpados csúszásgátlási osztályai tartalmának jellegét az irodalom (Skiba, 1995) alapján szemléltetjük. Az 1.5.Cs3. ábra vonatkozásában fontos tudni, hogy a mezítlábas lejtős mérőpados és cipős lejtős mérőpados csúszásgátlási osztályok sem egymással, sem a tribometeres módszerrel mért μ dinamikai csúszási súrlódási tényezővel nem csereszabatosak, és tartalmuk csak önmagukban értelmezhető, azaz egymással vagy a μ dinamikai csúszási súrlódási tényezővel nem pótolhatók, nem cserélhetők.

Forrás: https://www.mosa.com/download_file/58629/4726 (Roya Mosa. Maastricht, 2018) és ErgoMed (1995); R. Skiba: Das Bewerten der Rutschhemmung von Fußboden

μ	Tribométeres	Mezítlábas lejtős mérőpados vizsgálási módszer	Cipős	μ
0,8				0,8
0,7	Nagyon biztos járás a vízszintes felületen		R 13	0,7
	33°		35°	
0,6		C	R 12	0,6
0,5	Biztos járás a vízszintes felületen		29°	0,5
	23°	24°	R 11	
0,4	Kevésbé biztos járás a vízszintes felületen	B	19°	0,4
	17°	18°		
0,3	Bizonytalan járás a vízsz. felületen	A	R 10	0,3
0,2		12°	10°	0,2
0,1	Nagyon bizonytalan járás a vízszintes felületen		R 9	0,1
			3°	
0,0		Jelmagyarázat μ = Dinamikai csúszási súrlódási tényező		0,0

1.5.Cs3. ábra: A lejtős mérőpados csúszásgátlási osztályok tartalma jellegének szemléltető ábrája (Skiba, 1995). A mérőpados csúszásgátlási osztályok sem egymással, sem a tribométeres módszerrel mért μ dinamikai csúszási súrlódási tényezővel nem csereszabatosak.

A padlóburkolatok – ASTA (Ausschuss für Arbeitsstätten = Munkahelyek Bizottsága) által kidolgozott – ASR A1.5/1,2:2019 német munkahelyi műszaki szabályzata (Technische Regeln für Arbeitsstätten. Fußböden), amely magába foglalja a csúszásveszélyes padlóburkolatok korábbi német BGR 181:2003 munkabiztonsági és egészségvédelmi szabályzatát (Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr), a csúszásveszélyes munkahelyi padlóburkolatok – beleértve a lépcsők járófelületét és az üzemi közlekedési utak burkolatát is – helyes kiválasztásával, biztonságos kialakításával és a szükséges bel- és kültéri üzemeltetési intézkedések (például tisztítás, jégtelenítés, javítás stb.) végrehajtásával foglalkozik. E szabályzatban található a különböző feladatkörű üzemi terek, felületek (például bejáratok, mosdók, konyhák, lépcsők, rámpák, utak, rakterek stb.) és üzemi helyiségek (például tej-, hús-, kőfaragó-, fémfeldolgozóüzemek, pékségek, csokoládé-, bőr-, textil-, járműgyárak, szivattyúházak, hűtőházak, mosodák, gyógyszertárak, laboratóriumok, tantermek stb.) csúszásveszélyes burkolatai esetén alkalmazandó csúszásgátlási osztályok (DIN 51130:2014) és barázdaterfogatati osztályok (DIN 51130:2014). Németországban a betonüzemek mosóberendezéseinek környezetét (Betonwaschplätze) R 11 csúszásgátlási osztályú padlóburkolattal kell kialakítani.

Az európai szabályozási ügyiratok közül a CEN/TS 16165:2016 európai műszaki specifikáció (német változata: DIN CEN/TS 16165:2016) foglalkozik a gyalog járható felületek csúszási ellenállásának meghatározásával és a vizsgálati eredmény értékelésével. Megjegyzendő, hogy a CEN/TS 16165:2016 európai műszaki specifikációnak a sportpályák és az útburkolatok csúszásállósága nem tárgya.

A vizsgálati módszereket a CEN/TS 16165:2016 európai műszaki specifikáció mellékleteiben írják le:

- az A. mellékletben a *mezítlábas lejtős mérőpados* csúszóssági vizsgálat,
- a B. mellékletben a *cipős lejtős mérőpados* csúszóssági vizsgálat,
- a C. mellékletben a száraz és nedves próbatestfelületen vagy „in situ” padlóburkolaton, meghatározott gumicsúszkák alkalmazásával végzett *ingás* vizsgálat,
- a D. mellékletben a száraz és nedves próbatestfelületen vagy „in situ” padlóburkolaton, meghatározott gumicsúszkák alkalmazásával végzett *tribométeres* vizsgálat módszerét szabályozzák.

Hazai vonatkozás, hogy *Terjék Anita* PhD. értekezésében (2017) a kül- és beltéri kerámia padlóburkolólapokon – a DIN 51097:1992 és DIN 51130:2014 szabvány, valamint a CEN/TS 16165:2012 európai műszaki specifikáció (Technical Specifications) szerint – végzett laboratóriumi lejtős csúszásgátlási kísérleteinek eredményeiről számolt be.

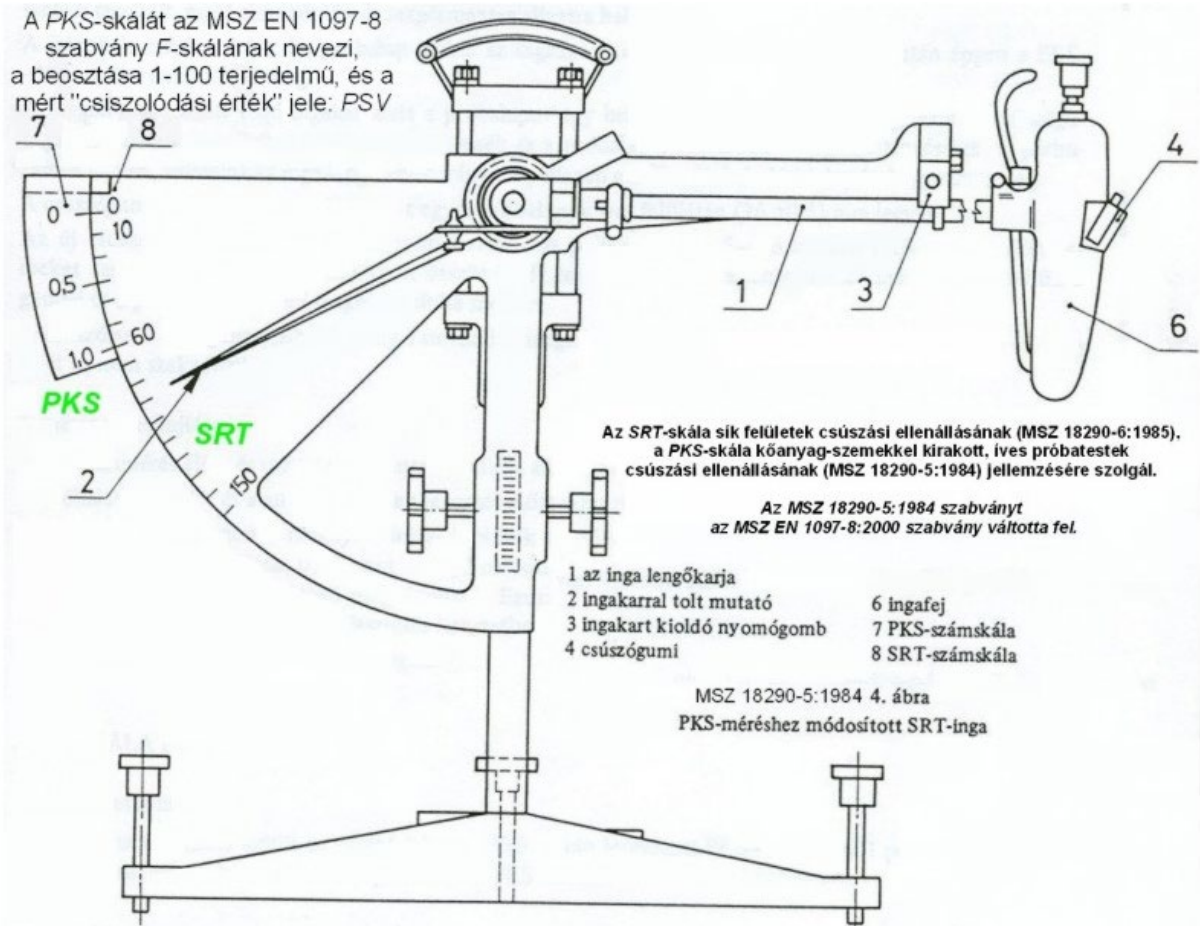
A CEN/TS 16165:2016 európai műszaki specifikáció C. melléklete szerinti *ingát* idehaza *SRT-inga* néven az MSZ 18290-6:1985 és az MSZ 18290-5:1984 visszavont szabványból ismerjük (1.5.Cs4. ábra), de megtalálható például az MSZ EN 1097-8:2020, az MSZ EN 12620:2002 + A1:2008, az MSZ EN 13036-4:2012, az MSZ EN 13043:2003 szabványban is.

Az építő- és útburkoló kövek csúszási ellenállását hazánkban a visszavont MSZ 18290-6:1985 szabvány szerint vizsgáltuk.

Az FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen az útépitési felületek érdességének SRT mérési módszeréről 2021. évben vizsgálati előírást jelentetett meg (TP Griff-StB (SRT)).

Megjegyezzük, hogy az 1.5.Cs4. ábra szerinti SRT-ingával mért csiszolódási ellenállás értékének (PSV, MSZ EN 1097-8:2020) a korábbiakhoz (PKS, MSZ 18290-5:1984) képest nagyságrendi (százszoros) eltérését az okozza, hogy a vizsgálati eredményt a visszavont magyar MSZ 18290-5:1984 vizsgálati szabvány szerint 0 - 1 terjedelmű skálán kellett leolvasni, míg az európai MSZ EN 1097-8:2020 szabvány szerint a skála beosztása 0-tól 100-ig terjed.

A kőanyagalmazok *SRT-ingával* mérhető csiszolódási ellenállásának (PSV) a visszavont ÚT 2-3.601:2006 és az érvényes e-UT 05.01.15:2018 útügyi műszaki előírás szerinti követelmény értékeit a magyarországi kőanyagok csiszolódási ellenállását is figyelembe véve igazították az MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2002 + A1:2008, stb. szabványban foglalt csiszolódási osztályokhoz (PSV₆₈, PSV₆₂, PSV₅₆, PSV₅₀, PSV₄₄, PSV_{megadott}, PSV_{NR}, ahol az indexben lévő szám a megengedett legkisebb, az MSZ EN 1097-8 szabvány szerint mért PSV csiszolódási értéket jelenti. NR, No requirement → nincs követelmény).



1.5.Cs4. ábra: Az SRT-inga ábrája a visszavont MSZ 18290-6:1985 és MSZ 18290-5:1984 szabványban (SRT → Skid resistance tester, PSV → Polished stone value)

További felhasznált weboldalak, például:

<https://hu.wikipedia.org/wiki/surlodas>

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszetudomanyok/fizika/>

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/108-szemalak.pdf>

Lásd még: Fajlagos barázdatérfogat

Csúcsossági együttható

Lásd: Lapultsági együttható

Csúszási súrlódási tényező, csúszási súrlódási együttható

Lásd: Csúszási súrlódás

Csúszótörés

Lásd: Töréskép

Csúsztató feszültség

Lásd: Nyírófeszültség

Darcy-féle törvény

A természetes szűrőkön átfolyó vízmennyiség *Darcy-féle*⁵⁸ törvény segítségével határozható meg. Valamely állandó keresztmetszetű szűrőn egységnyi idő alatt átfolyó Q vízmennyiség [m^3/s] egyenesen arányos a szűrőanyagot jellemző K szivárgási (áteresztési) tényezővel [m/s], az A keresztmetszeti felülettel [m^2], a h nyomómagassággal [m], és fordítva arányos a szűrőrétegben a megtett út ℓ hosszával [m], vagyis a szűrőréteg vastagságával:

$$Q = K \times A \times h / \ell \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad \text{és}$$

$$q = Q/A = K \times h / \ell = K \times i \quad [\text{m/s}],$$

$$\text{illetve } K = (Q \times \ell) / (A \times h) \quad [\text{m/s}]$$

A K szivárgási tényezőt *Darcy-féle* vízáteresztési együtthatónak, víz-áteresztőképességi tényezőnek, víz-áteresztőképességi együtthatónak, permeabilitási együtthatónak [m/s] nevezzük.

A q látszólag sebesség dimenziójú [m/s] – innen ered a *Darcy*-sebesség elnevezés – valójában fajlagos térfogati hozam vagy áramlási intenzitás, térerő, fluxus.

Az $i = h/\ell$ a hidraulikus gradiens, egységnyi hosszra jutó nyomómagasság, nevezetlen szám.

A *Darcy-féle* törvény a cementkő, illetve a beton víz-áteresztőképességének (hidrodinamikai permeabilitásának) leírására is alkalmas.

Az MSZ 15221:1969 szabványban a talajok szivárgási tényezőjét így határozzák meg: A szivárgási tényező (áteresztőképességi együttható, k -tényező) a talajokban az egységnyi hidraulikus gradiens ($i = 1$) mellett kialakuló, a talaj minőségétől, állapotától és szerkezetétől függő szivárgási sebesség. (Jele: k , mértékegysége: m/s vagy m/nap).

Biczók Ernő (1985) a *Mérnöki Kézikönyv* (szerk. *Palotás László*) I. kötetében a víz mozgását a szemcsés talajokban a *Darcy-féle* törvénnyel így írta le: $v = k \times i$. Ebben a képletben v az átfolyási sebesség (m/s), vagyis az a vízmennyiség, amely a folyási vonalra merőleges egységnyi talajkeresztmetszeten az időegység alatt átfolyik; k az áteresztőképességi együttható (m/s), amely az áteresztő közeg és a folyadék tulajdonságaitól fizikai jellemző; i a hidraulikus gradiens.

A $v = k \times i$ összefüggés kb. a következő határok között érvényes, ahol d_e a hatékony szemcseátmérő mm -ben (*Biczók*, 1985):

$i \leq$	800	100	12	0,8	0,1
$d_e =$	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0

Agyagokban és általában kötött talajokban a törvény bizonyos módosítással érvényes. Ugyanis a szemcsék felületéhez kötődő víz a vízmozgást akadályozza. Ez okozza azt, hogy van egy olyan hidraulikus gradiens, küszöbérték, amelynél kisebb értékek esetén vízmozgás a talajban nem indul meg: $v = k(i - i_0)$. Iszapokban $i_0 = 0,2 \dots 0,5$, agyagokban $i_0 = 12 \dots 18$ is lehet (*Biczók*, 1985).

Bíró Albert (2016) „Földművek, földmunkák II.” című tanulmánya szerint a talajok víz-áteresztőképességi együtthatójuk alapján az 1.5.D1. ábra szerint csoportosíthatók.

⁵⁸ *Henry Philibert Gaspard Darcy* (1803, Dijon – 1858, Párizs) francia vízépítőmérnök, hidrogeológus, aki a felszín alatti vizeknek a kőzetek pórusain keresztül való áramlási tulajdonságait kísérleti tapasztalatok alapján matematikai formában 1856-ban írta le.

- V-1 Vízszállító a talaj, ha
 - vízáteresztő-képességi együtthatója $k \geq 5 \cdot 10^{-3}$ m/s,
 - durva szemcséjű és kavics tartalma $S_{2,0} \geq 80$ %.
- V-2 Jó vízvezető a talaj, ha
 - vízáteresztő-képességi együtthatója $5 \cdot 10^{-5} < k < 5 \cdot 10^{-3}$ m/s,
 - kavics és/vagy homok alkotja és iszap+agyagtartalma $S_{0,063} < 5$ %.
- V-3 Közepesen vízvezető a talaj, ha
 - vízáteresztő-képességi együtthatója $10^{-9} < k < 5 \cdot 10^{-5}$ m/s,
 - vegyes szemcséjű és $5 \leq S_{0,063} < 40$ %, továbbá $I_p < 10$ %.
- V-3 Gyengén vízvezető a talaj, ha
 - vízáteresztő-képességi együtthatója $5 \cdot 10^{-11} < k < 10^{-9}$ m/s,
 - finom szemcséjű és $10 < I_p < 30$ %.
- V-3 Vízáró a talaj, ha
 - vízáteresztő-képességi együtthatója $k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s,
 - finom szemcséjű és $I_p \geq 30$ %.

1.5.D1. ábra: Talajok csoportosítása víz-áteresztőképességi együtthatójuk alapján (Bíró, 2016)

Elgondolás volt, hogy az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolható a nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betona, ha az MSZ EN ISO 15148:2003 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója (kapilláris vízfelszívási együtthatója, water absorption coefficient) $W_{wt} \leq 2,0$ kg/(m²·óra^{1/2}). Ilyen például a talajnedvességnek, talajpárának kitett, talajvízszint felett fekvő alapozás vagy pincefal, vagy olyan mélygarázs, amelynek környezetében például vízfelszívással, talajvíz-mentesítéssel (drénezés) tartósan megszüntették a víznyomást.

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton nem vízáró, ezért a szerkezeti elem vastagságának és a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés MSZ EN ISO 17892-11:2019 szabvány szerinti (Darcy-féle) vízáteresztő-képességének mértékétől, illetve az utóbbi időbeni változásától, valamint a vízszint nem várt emelkedésétől függően átnedvesedhet.

A falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm, a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés ajánlott, MSZ EN ISO 17892-11:2019 szabvány szerinti vízáteresztési együtthatója legalább $k = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Az esetleges átnedvesedés ellen az építető saját költségén belső (légtér felőli) víztaszító vakolattal védekezhet, például:

- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $W_{wt} \leq 0,5$ kg/(m²·óra^{1/2}), akkor ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;
- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $0,5 < W_{wt} \leq 2,0$ kg/(m²·óra^{1/2}), akkor nyomtatékkal ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolt beton összetétele feleljen meg az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány NAD F1. táblázata előírásának.

Megjegyzés: 2023-ig az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a talajban, nedves, de víznyomás nélküli környezetben lévő beton (könyvünk szerinti jele: V0-beton) – szigorúbb (beton esetén legfeljebb 6 tömeg%, vasbeton esetén legfeljebb 4 tömeg%, feszített vasbeton esetén legfeljebb 2 tömeg% vízfelvétel), de teljesíthető feltétellel (Erdélyi et. al., 2018) – az önálló XV0(H) környezeti osztályba tartozott.

Erdélyi Attila szerzőtársaival 2018-ban a következőket írta: „A fokozatos víztelítés az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint mérve négy próbatesten átlagosan 0,96 tömeg%-ra adódott. A térfogatos vízfelvétel a beton testsűrűségével ($2,4 \text{ kg/dm}^3$) számolva $2,4 \times 0,96 = 2,3$ térfogat%, amely igen kedvezően kis érték.” Ezt az eredményt Erdélyi Attila és szerzőtársai 280 kg/m^3 cement-tartalmú, 29 kg/m^3 metakaolin ($k = 1$) adagolású, $x_{eq} = 122/(280 + 29) = 0,395$ vízkötőanyag tényezőjű, 16 mm legnagyobb szemnagyságú, Fuller-görbét követő homokos kavics adalékanyagú betonnal érték el.

Lásd még: Hidraulikus gradiens, Hidrodinamikai permeabilitás, Kapilláris vízfelszívás, Permeabilitási együttható

Dehidratáció

A dehidratáció a víz vegyületekből kémiai reakcióval kísért távozásának az elnevezése.

Denitrifikáció

Kémiai folyamat, amelynek során a denitrifikáló baktériumok redukáló hatására, oxigén hiányos környezetben, adott hőmérsékleti tartományban, a nitrogénvegyületek, például salétromsavas sók (például kálium-nitrát, KNO_3 ; nátrium-nitrát, NaNO_3), nitrátionok (NO_3^-) átalakulnak nitritionná (NO_2^-), dinitrogén-oxiddá (N_2O), nitrogéngázzá (N_2). A denitrifikáló baktériumok talajban, fekélyében, trágyában élnek.

Lásd még: Nitrifikáció

Depassziválódás

Lásd: Acélbetét korróziója

Derivatográf, derivatogram

Lásd: Termogravimetria

Dermesztett beton

A dermesztett beton (szövetszerkezet, illetve gipszbeton) építési mód kialakulása *Sámsondi Kiss Béla*⁵⁹ munkásságán alapszik, aki az akkori tapasztalatokat „Szövetszerkezetes épületek” című könyvében (1965) foglalt össze. A dermesztett beton (gipszbeton) szerkezetek statikai tervezéséhez szükséges anyagtani jellemzők vizsgálati módszereit, illetve e szerkezetek méretezési alapelveit *Kászonyi Gábor*⁶⁰ (1995, 2012) az 1970-es évek elejétől fokozatosan,

⁵⁹ *Sámsondi Kiss Béla* (1899, Nagykároly – 1972, Budapest): építész, Ybl-díjas (1966). 1924-ben szerzett építészmérnöki oklevelet a Műegyetemen. 1924-től a resicai acélműveknél dolgozott, majd önálló tervező építész volt Temesvárott, ahol több lakóházat épített, vékony falú acélprofilokat alkalmazott fa-beton-acél kombinációjú födémekkel. 1937-ben családjával Erdélyből Budapestre költözött, és önálló tervező építésszé dolgozott 1948-ig. Számos többszintes lakóház építése fűződik nevéhez. Több pályázaton nyert első díjat nyert. Az állami tervezés egyik megalapozója, az Építéstudományi Intézet (ÉTI) és az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet (ÉAKKI) kutatómérnöke volt 1961-ig. Elsőként alkalmazta tudatosan már az 1940-es években a komplex építési rendszer fogalmát modulkoordinációban, mind elméletben, mind gyakorlatban. A szakirodalomból jól ismert saját lakóháza (Budapest, XII. Dayka Gábor u. 83.) 1941-44-ben épült. (*Kenyeres* főszerk., III. kötet. 1981)

⁶⁰ *Kászonyi Gábor* (1945, Pécs – 2022, Budapest) okl. szerkezetépítő mérnök, a műszaki tudomány doktora, PhD, egyetemi tanár. 1970-ben hidas szakirányú szerkezetépítő mérnökként diplomázott az Iparterv Tervező Vállalat ösztöndíjasaként, s ott további hat évet dolgozott. 1976-tól a BME Építőanyagok Tanszékén, később Baján, a

kísérletekkel alátámasztva dolgozta ki. A gipsz zsaluzatban dermesztett homokbetonok olyan speciális, vékony falú teherhordó anyagok, illetve szerkezetek, melyek gyártása során a bedolgozáshoz szükséges többlet vízmennyiséget az előregyártott gipszsaluzat gyorsan elszívja. A gipszsaluzat a beton nedvesen tartásával szükségtelemmé teszi annak utókezelését, a dermedés pedig a beton zsaluzatra ható oldalnyomását küszöböli ki. A gipszsaluzatban dermesztett homokbeton szerkezetek felületkész monolit vasbeton héjszerkezetek, melyek statikailag méretezett vasalással (BHB 55.50), legalább C12/15 – X0v(H) – 4 – S15 – MSZ 4798:2016 minőségű, 25-40 mm vastag teherhordó betonból készülnek. (Kászonyi, 2012)

Deszoxidálás

Lásd: Dezoxidálás

Deszulfifikáció, szulfátredukálás

Kémiai folyamat, amelynek során az oxigén hiányos környezetben élő anaerob, szulfátredukáló (deszulfifikáló) baktériumok a szulfátionokat (SO_4^{2-}) kénhidrogénné (H_2S) redukálják, és ezáltal a betonkorrozó szempontjából a szulfátokat mintegy veszélytelenekké teszik.

Lásd még: Szulfifikáció, Biogén kénsav okozta korrozó

Determinációs együttható

Angolul: Coefficient of determination

Németül: Bestimmtheitskoeffizient, Bestimmtheitsmaß der Regression

Determinációs együttható ($B_{Y,Y}$) az elnevezése annak a „meghatározottsági mutatószám”-nak, amely a regressziós függvény (trendvonal) becslési mértékének szorosságát, jóságát fejezi ki (Hartung et al., 2009). Ha a regressziós függvény egyenes, akkor a determinációs együttható négyzetgyökét nem egy esetben a regressziós függvény korrelációs együtthatójának (jele: $R_{Y,Y}$), ha pedig görbe, akkor esetleg a regressziós függvény korrelációs indexének (jele: $I_{Y,Y}$) nevezik (Lukács O., 2002).

A determinációs együttható értékét a következő összefüggéssel számítjuk ki:

$$B_{Y,Y} = \left\{ \begin{matrix} R_{Y,Y}^2 \\ I_{Y,Y}^2 \end{matrix} \right\} = 1 - \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2},$$

következésképpen a regressziós függvény korrelációs együtthatójának ($R_{Y,Y}$), illetve korrelációs indexének ($I_{Y,Y}$) az összefüggése:

$$\left. \begin{matrix} R_{Y,Y} \\ I_{Y,Y} \end{matrix} \right\} \sqrt{B_{Y,Y}} = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2}}$$

ahol:

Y_i = számított függő változó,

PMMF Vízgazdálkodási Intézetében, végül 1991-től nyugdíjazásáig az Ybl Miklós Műszaki Főiskolán, illetve később annak átalakult YMÉK egyetemi karán tanított. Egyetemi doktori értekezését 1980-ban védte meg a Műegyetemen, míg az MTA Doktori Tanácsa 1996-ban ítélte oda számára a műszaki tudomány kandidátusa tudományos fokozatot anyagtudományi kutatásaiért, majd 2018-ban életművéért elnyerte a műszaki tudomány doktora fokozatot. Munkássága elismeréseként 1997-ben a miniszterelnök főiskolai tanárrá nevezte ki. Kiváló oktatói, tanszékvezetői munkájáért számos alkalommal kapott kitüntetést, elnyerte a Magyar Felsőoktatásért Emlékplakettet is. A Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége Magyarországi Egyesületének főtítkára, majd elnöke volt, és tagja volt az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságnak és az ukrán Mérnökakadémiának is. Civil praxisában tervezőként és szakértőként több ezer épület és mérnöki létesítmény tervét vagy szakértését készítette el. A munkát 2014-es nyugdíjba vonulása után is folytatta tervellenőrként. (Mérnök Újság. XXIX. évfolyam. 6. szám. 2022. június. pp. 56.)

y_i = mért függő változó,

n = mérési adatpárok száma

A determinációs együttható értéke a valós számok halmazán 0 és 1 közötti szám, ha $\Sigma(Y_i - y_i)^2 \leq \Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2$, ellenkező esetben imaginárius (képzetes) szám. Jó illeszkedés esetén a korrelációs index értéke 1-hez közelít, míg laza illeszkedés esetén a korrelációs index 0-hoz közelebb eső szám. (Hartung et al., 2009)

Tekintve, hogy a hibanégyzetösszegek arányosak a szórásnégyzetekkel (hibanégyzetösszeg = adatpárszám $\times$ szórásnégyzet), a $B_{Y,Y}$ determinációs együttható a számított függő változó szórásnégyzete (s_Y^2) és a mért függő változó szórásnégyzete (s_y^2) segítségével is kifejezhető (Hartung et al., 2009):

$$B_{Y,Y} = 1 - \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2} = \frac{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2 - \Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2} = \frac{s_Y^2 - s_{\text{Hiba}}^2}{s_Y^2} = \frac{s_y^2}{s_Y^2},$$

ugyanis a mért függő változó szórásnégyzetének (s_y^2) és az abszolút hiba szórásnégyzetének (s_{Hiba}^2) a különbsége egyenlő a számított függő változó szórásnégyzetével (s_Y^2),

$$\text{azaz: } s_Y^2 - s_{\text{Hiba}}^2 = s_y^2,$$

ahol az abszolút hiba (standard hiba) szórásnégyzete:

$$s_{\text{Hiba}}^2 = \frac{\Sigma(Y_i - y_i - \Sigma(Y_i - y_i)/n)^2}{n} = \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{n},$$

mert az eltérések összegének ($\Sigma(Y_i - y_i)$), illetve az eltérések átlagának értéke zérus:

$$\Sigma(Y_i - y_i)/n = 0$$

Hartung és szerzőtársai (Hartung et al., 2009) szerint egyenes (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) esetén az $y = a \times x + b$ alakú regressziós függvény „a” irányításezője (angolul: slope parameter, németül: Steigungsparameter) segítségével ki lehet a Pearson-féle korrelációs együtthatót ($r_{x,y}$) számítani:

$$r_{x,y} = a \times \frac{s_x}{s_y}$$

ahol:

$$a = r_{x,y} \times s_y / s_x = s_{x,y} / s_x^2 = \text{az egyenes irányításezője}$$

$$s_{x,y} = \frac{\Sigma\left(\left(x_i - \frac{\Sigma x_i}{n}\right) \times \left(y_i - \frac{\Sigma y_i}{n}\right)\right)}{n-1} = \text{Cov}(X,Y) = \text{az } x\text{-}y \text{ értékpár kovarianciája}$$

$$s_x = \sqrt{\Sigma(x_i - \Sigma x_i/n)^2 / (n-1)} = \text{a mért független változó korrigált tapasztalati szórása}$$

$$s_y = \sqrt{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2 / (n-1)} = \text{a mért függő változó korrigált tapasztalati szórása},$$

és az így kiszámított Pearson-féle korrelációs együttható négyzete ($r_{x,y}^2$) megegyezik az egyenes alakú (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatójával: $r_{x,y}^2 = B_{Y,Y}$, egyenes, azaz az egyenes alakú regressziós függvény korrelációs együtthatója négyzetével: $r_{x,y}^2 = R_{Y,Y}^2$.

A számítógépes Microsoft Excel táblázatkezelő programmal rajzolt diagramon a regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatójának ($B_{Y,Y}$) az értékét lehet megjeleníteni.

Szám példa

Legyenek valamely 2,25 m³ befogadóképességű, 110 kW villamos teljesítményű, 30-35 m³/óra keverési teljesítményű betongyári betonkeverőgép beépített üzemi konzisztométer teljesítménytávadóján kijelzett – a betonkeverőgép villamos teljesítményfelvételével arányos – betonkeverés közbeni és üres járatú feszültség-különbségének és a kevert (120-500) kg/m³ 350 kspc 20 jelű (MSZ 4702-2:1972 T; ma: CEM II/A-S 32,5 N, MSZ EN 197-1:2011) kohósalak-portlandcement tartalmú, (0,31-0,63) víz-cement tényezőjű, 16 mm legnagyobb szemnagyságú

homokos kavics adalékanyagú betonok egykori MSZ 4714:1955 szabvány (ma: MSZ EN 12350-5:2019) szerinti területi mértékének összetartozó értékei az *1.5.D1. táblázat* szerintiek (Kausay et al., 1979).

Az üzemi konzisztométeren kijelzett feszültségváltozás ($\ddot{U}_{\text{kfv}}$) és a területi mérték (TM) közötti összefüggést lineáris alakban keresve a legkisebb hibanégyzetösszegek módszere segítségével a következő regressziós egyenletet kaptuk:

$$TM = -8,4431 \times \ddot{U}_{\text{kfv}} + 581,4$$

Az egyenes alakú (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatójának értéke: $R_{Y,y, \text{ egyenes}}^2 = 0,7222$, és az a fentieknek megfelelően valóban megegyezik az egyenes alakú (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatójával ($B_{Y,y, \text{ egyenes}}$) és a *Pearson*-féle korrelációs együttható négyzetével ($r_{x,y}^2$), azaz: $R_{Y,y, \text{ egyenes}}^2 = B_{Y,y, \text{ egyenes}} = r_{x,y}^2$.

Az üzemi konzisztométeren kijelzett feszültségváltozás ($\ddot{U}_{\text{kfv}}$) és a területi mérték (TM) közötti összefüggést a legkisebb hibanégyzetösszegek módszere segítségével másodfokú parabola alakjában is meghatározva a következő regressziós egyenletre jutottunk:

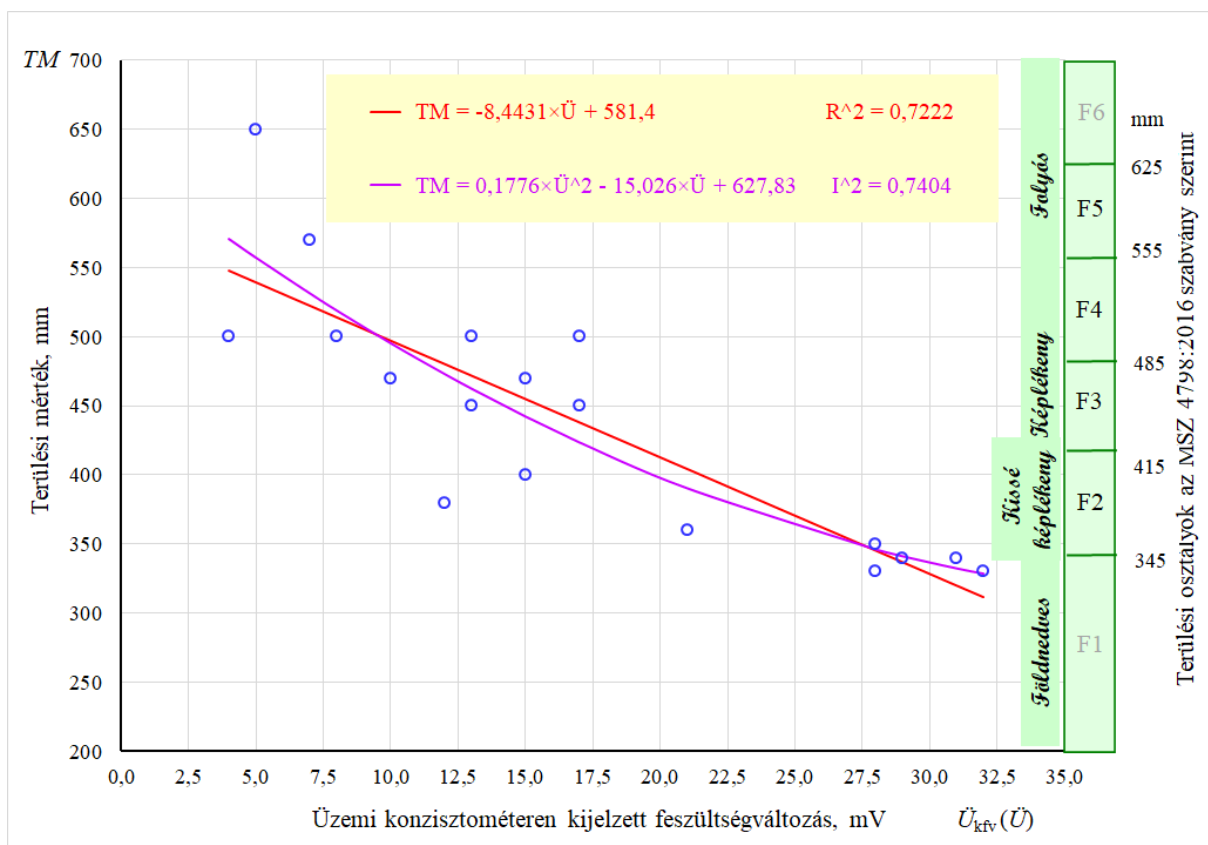
$$TM = 0,1776 \times \ddot{U}_{\text{kfv}}^2 - 15,026 \times \ddot{U}_{\text{kfv}} + 627,83$$

A példánk szerinti másodfokú parabola alakú regressziós függvény (trendvonal) korrelációs indexe négyzetének ($I_{Y,y, \text{ másodfokú parabola}}^2$), illetve determinációs együtthatójának ($B_{Y,y, \text{ másodfokú parabola}}$) az értéke: $I_{Y,y, \text{ másodfokú parabola}}^2 = B_{Y,y, \text{ másodfokú parabola}} = 0,7404$.

A mért összetartozó (feszültségváltozás – területi mérték) adatpárok ábrázolópontjait és a regressziós függvények rajzát az *1.5.D2. ábrabeli* koordináta-rendszerben mutatjuk be.

1.5.D1. táblázat: Számpélda a regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatójának meghatározására

$\ddot{U}_{\text{kfv}}$ mV, x_i	$TM_{\text{mért}}$ mm, y_i	$TM_{\text{számított}}$ mm, Y_i	$Hiba$, mm $H_i = y_i - Y_i$	$TM_{\text{számított}}$ mm, Y_i	$Hiba$, mm $H_i = y_i - Y_i$
		Egyenes trendvonal		Parabola trendvonal	
4	500	548	-48	571	-71
5	650	539	111	557	93
7	570	522	48	531	39
8	500	514	-14	519	-19
10	470	497	-27	495	-25
12	380	480	-100	473	-93
13	450	472	-22	463	-13
13	500	472	28	463	37
15	470	455	15	442	28
15	400	455	-55	442	-42
17	450	438	12	424	26
17	500	438	62	424	76
21	360	404	-44	391	-31
28	350	345	5	346	4
28	330	345	-15	346	-16
29	340	337	3	341	-1
31	340	320	20	333	7
32	330	311	19	329	1
Átlag	438,33	438,34	0,00	438,33	0,00
s, Szórás	91,15	77,46	48,05	78,43	46,44
s^2 , Szórás ²	8308,82	6000,37	2308,40	6151,75	2157,11
$S_{Hiba}^2 \approx S_{TM, \text{mért}}^2 - S_{TM, \text{számított}}^2$			2308,46		2157,08
$B_{Y,y} = R_{Y,y}^2 = S_{TM, \text{számított}}^2 / S_{TM, \text{mért}}^2$			0,7222	Egyenes trendvonal	
$B_{Y,y} = I_{Y,y}^2 = S_{TM, \text{számított}}^2 / S_{TM, \text{mért}}^2$			Parabola trendvonal		0,7404
9,17	x_i ($\ddot{U}_{\text{kfv}}$) értékek szórása, s_x				
-0,8498	$r_{x,y} = a \times s_x / s_y$, <i>Pearson</i> -féle korrelációs együttható				
0,7222	$r_{x,y}^2$, a <i>Pearson</i> -féle korrelációs együttható négyzete				

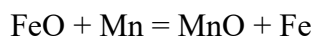


1.5.D2. ábra: A determinációs együttható meghatározása számpéldájának regressziós függvényei (trendvonalai)

Lásd még: Korrigált tapasztalati szórás, Korrelációs együttható, Korrelációs index, Korrelációs számítás, Regressziószámítás

Dezoxidálás, Desoxidálás

A dezoxidálás acélgyártási részfolyamat, amelynek során a vASFüldöböl a felesleges és káros vasoxidot (FeO) salakhatásokkal vagy dezoxidáló anyagokkal közvetetten, vagy közvetlenül eltávolítják. A *Siemens-Martin*-kemencében a közvetlen dezoxidációt alkalmazzák, amely azon az elven alapszik, hogy olyan elemeket adagolnak a vASFüldöbe, amelyek affinitása az oxigénhez nagyobb, mint a vasé, és amelyek a forró vASFüldöben oldott vasoxidot (FeO) szétbontják, annak oxigénjével oxidokat képeznek. A legelterjedtebb dezoxidáló elem a mangán, melyet ferromangán vagy például ferromangán-szilícium alakjában adnak be a vASFüldöbe, ahol lényegében a következő reakció játszódik le:



A ferromangán nagy, legalább 20% mangántartalmú ferroötvözet, amelyet a vASFüldöben lévő vasoxidok redukálására először *Henry Bessemer* használt. Azt a ferromangánt, melyben 5-10% szilícium is van, ferromangán-szilíciumnak nevezik. (*Péché*, 1891), (*Lósy-Schmidt* et al., 1928), (*Zsák*, 1950), (*A Pallas Nagy Lexikona*. VII. kötet. Budapest, 1894)

Lásd még: Acélgyártás

Diffúzió

A diffúzió latin eredetű szó (diffundere = kiterjedni, kiönteni, elárasztani, elterjeszteni, szétszóródni).

A diffúzió az egymással érintkező *gázok, folyadékok vagy szilárd anyagok* fokozatosan bekövetkező *elegyedése külső erők behatása nélkül*, amelyet az ionok, atomok, molekulák vagy kolloid részecskék *hőmozgása* – koncentráció kiegyenlítődés mellett – okoz (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

A jelenségre a *Fick-törvények*⁶¹ érvényesek (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

Eszerint gázok atomjai és molekulái heves mozgásban vannak. Ennek következtében *két egymással érintkező különböző gáz* a határfelületen át lassanként elegyedhet egymással, azaz egymásba diffundálnak. A gázmolekulák közepes sebessége és ezzel együtt a sebessége annál nagyobb, minél kisebb a molekulatömeg és minél nagyobb a hőmérséklet. A diffúzió különleges esete, ha a gázok porózus falon át diffundálnak. Kísérletek alapján megállapították, hogy a gázok diffúziós sebessége porózus falon keresztül molekulatömegük négyzetgyökével fordítva arányos (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

Ionok és molekulák diffúziója folyadékokban nagyon hasonlít a gázdifúzióhoz. Ha például tiszta alkoholt rétegzünk óvatosan vízre, minden rázkódást kiküszöbölve, lassan teljes elegyedés vetkezik be, úgyhogy napok vagy hetek múlva mindenütt azonos összetételű elegyet kapunk. Az oldott anyagok diffúziója a folyadékok nagyobb sűrűsége miatt lényegesen lassabban megy végbe, mint a gázoké. Természetesen a gázok is diffundálhatnak folyadékba; így például a levegő az óceán vizébe, a szén-dioxid a klorofill-tartalmú levélsejtekbe, belélegzett oxigén a vérfolyadékba diffundál. Kolloid része folyadékban és gázokban viszonylag nagy tömegük miatt meglehetősen lassan diffundálnak (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

Ismeretese *diffúziós folyamatok szilárd anyagokban* is atomok, ionok és molekulák ezekben is lassan helyet cserélhetnek. Így például ólomrudakban, amelyek egyik végén aranyból és ólomból álló ötvözet van, lassanként az azzal szomszédos, eredetileg aranymentes helyeken is arany-tartalom mutatható ki, mivel az aranyatomok maguktól bevándorolnak az ólomba. Ez a diffúzió nagyobb hőmérsékleten gyorsabban megy végbe anélkül, hogy az olvadáspontot elértük volna. Feltételezhető, hogy stabilis kristályrácsokban is végbemegy a csere atomok, illetve ionok között a szilárd fázisban lejátszódó kémiai reakciók során (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).

Diffúziós jelenség például a nedves beton kiszáradása, a beton karbonátosodása, a kloridion-behatolás a betonba vagy a beton radon-sugárzása (Müller – Wiens, 2016).

A vízgőz-, levegő- és szén-dioxid-diffúzióval például Kropp és Hilsdorf⁶² (1995) foglalkozott.

Lásd még: *Fick-törvények, Diffúziós együttható, Hidrodinamikai permeabilitás, „Huckepack-transport”, Klorid-migrációs együttható, Migráció, Radon*

⁶¹ Adolf Fick (1829, Kassel – 1901, Blankenberge/Westflanden) a fiziológia professzora Zürichben (1852-1868) és Würzburgban (1868-1899). Eleinte matematikát tanult, majd érdeklődése az orvostudományok felé fordult. Doktorátust 1851-ben szerzett. A diffúzióra vonatkozó két törvényét tapasztalati alapon 1855-ben írta fel. A Fick-törvényeket termodinamikai alapon Albert Einstein (1879, Württemberg – 1955, Princeton, New Jersey) a XX. század elején igazolta.

⁶² Hubert K. Hilsdorf (1930, München – 2010, München) német építőmérnök, egyetemi tanár. Doktori fokozatot 1964-ben szerzett. 1965-től az Illinoisi Egyetem (University of Illinois) docense, 1968-tól építőmérnök professzora, 1971-től a Karlsruhei Műszaki Egyetem (Technische Universität Karlsruhe) professzora volt. 1996-ban a Braunschweigi Műszaki Egyetem (Technische Universität Braunschweig) tiszteleti Dr.-Ing. címmel ruházta fel, 1997-ben a Deutscher BetonVerein Emil Mörsch emlékéremmel tüntette ki.

Diffúziós együttható, tényező, állandó

A D diffúziós együttható az A [m^2] egységnyi képzeltek felületen a Δc [$\text{g}/(\text{m}^3 \times \text{m}) = \text{g}/\text{m}^4$] egységnyi kmol/m^4 koncentrációgradiens hatására egységnyi idő alatt átdiffundáló anyag m [g/s] tömegét fejezi ki (Crank, 1975), (Müller – Wiens, 2016), (MSZ EN 12390-11:2016):

$$D = m \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{\Delta c} \quad \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

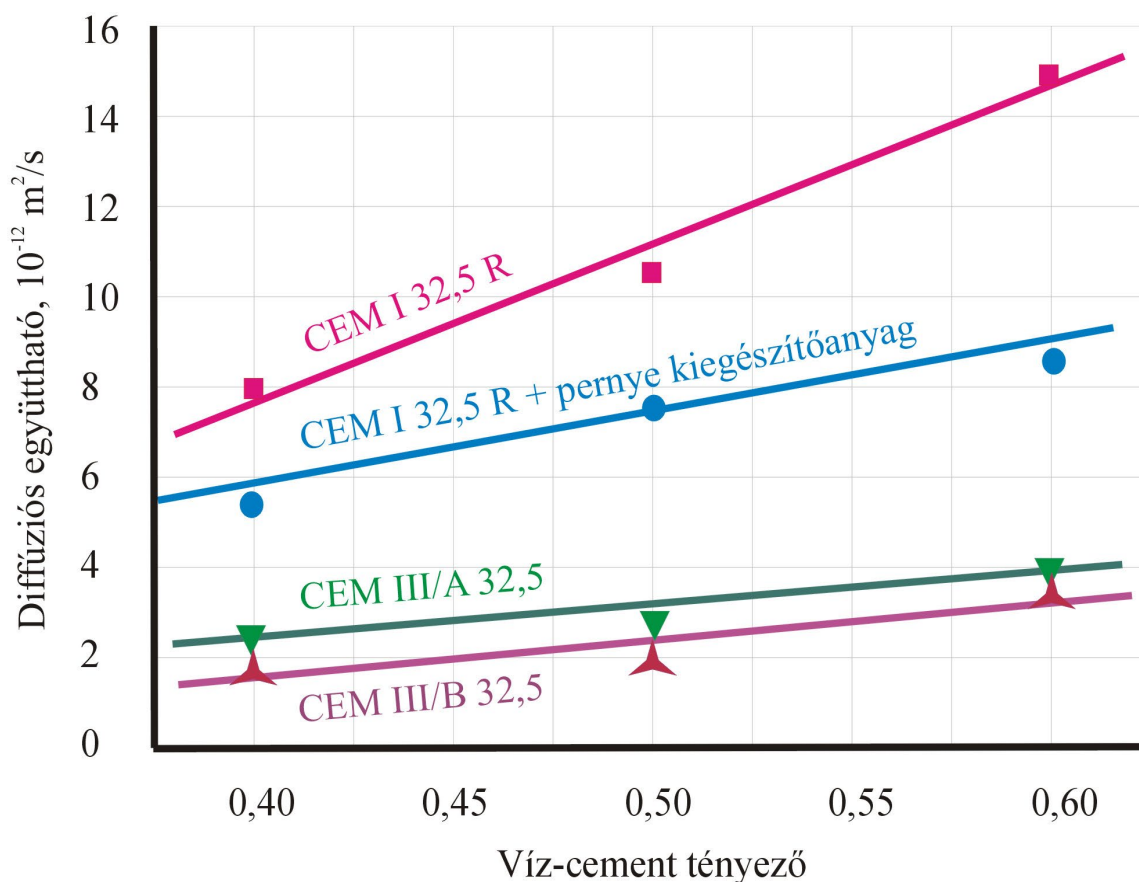
Az összefüggésben a Δc koncentrációgradiens [g/m^4] a moláris kémiai anyagkoncentráció [g/m^3] változását fejezi ki a távolság [m] függvényében.

A Model Code 1990 szerint a

- C12 nyomószilárdsági osztályú karbonátosodó beton diffúziós együtthatója szén-dioxid áthatolása esetén mintegy $D_{\text{szén-dioxid}} = 8 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$,
- C50 nyomószilárdsági osztályú karbonátosodó beton diffúziós együtthatója szén-dioxid áthatolása esetén mintegy $D_{\text{szén-dioxid}} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

Ezek az értékek a beton nyomószilárdsági osztályától és porozitásától függően erősen ingadoznak (Müller – Wiens 2016).

A nátrium-kloridionok behatolási folyamatát Dahme (2006) különböző összetételű betonokon a norvég NT-Build 492 előírás szerint vizsgálta. Megállapította, hogy a nátrium-klorid (NaCl) diffúziós együtthatóját a víz-cement tényező és a cementfajta egyaránt befolyásolja (1.5.D3. ábra), és ebből arra következtetett, hogy a beton áteresztőképessége elsősorban a pórusszerkezettől függ.



1.5.D3. ábra: A beton nátrium-klorid diffúziós együtthatója a víz-cement tényező és a cementfajta függvényében (Dahme, 2006)

A diffúziós együttható mértékegysége: m^2/s

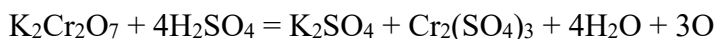
(CGS-egysége: cm^2/s , átszámítás: $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)

Lásd még: Diffúzió, Moláris kémiai anyagkoncentráció, Permeabilitási együttható, Klorid-diffúziós együttható

Dikromátos kémiai oxigénigény

Szinonim megnevezése: Kálium-dikromátos kémiai oxigénigény, bikromátos kémiai oxigénigény, kálium-bikromátos kémiai oxigénigény

Azt az oxigén mennyiséget jelenti meg $\text{dm}^{-3} = 1/\text{liter}$ koncentrációban kifejezve, amely a mintában lévő szerves anyag kálium-dikromátos ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) oxidációjakor elhasználódik:



Az egyenlet szerint egy dikromát három oxigénnel, azaz 1 mol bikromát 4800 mg oxigénnel egyenértékű.

Lásd még: Kémiai oxigénigény

Dinamikai rugalmassági modulus

A dinamikai rugalmassági modulus a rezgőmozgás hatására a σ - ε görbe általában nagyon kis feszültséghez tartozó pontján keletkező hiszterézis hurok átlója hajlászögének iránytangense. A feszültség jellegétől függően megkülönböztetjük a hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulus ($E_{\text{din,L}}$), a hajlítási (flexiós) dinamikai rugalmassági modulus ($E_{\text{din,F}}$) és a csavarási (torziós) dinamikai rugalmassági modulus ($E_{\text{din,T}}$).

Megjegyzés: A „dinamikus” rugalmassági modulus helytelen kifejezés.

Dinamikai viszkozitás, más néven belső súrlódási tényező

A dinamikai viszkozitás, más néven a belső súrlódási tényező a *Newton*-féle súrlódási törvény állandója:

$$\eta = \frac{F}{A \cdot \frac{dv}{dz}}$$

ahol: F = a belső súrlódási erő, N

A = két szomszédos folyadékréteg felülete, m^2

dv/dz = sebességváltozás az áramlás irányára merőlegesen, s^{-1}

Mértékegysége: $\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s} = 1000 \text{ cP}$ (centipoise)

A 20,2 °C hőmérsékletű víz dinamikai viszkozitása: $\eta_{\text{víz}} = 1 \text{ cP}$ (centipoise) = 1 mPa·s (millipascal-secundum).

Lásd még: Kinematikai viszkozitás, Fluiditás

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/173-viszkozitas.pdf>

Direkciós állandó

A direkciós állandó a lineáris erőtvényben ($D = F_{\text{rugó}} / \Delta s$) a rugóállandó ($c = 1/D$) reciproka, ahol $F_{\text{rugó}}$ a lineáris rugóerő, Δs a megnyúlás, tehát az egységnyi megnyúlást létrehozó rugóerő. A D direkciós állandó mértékegysége: N/m, a c rugóállandóé pedig m/N.

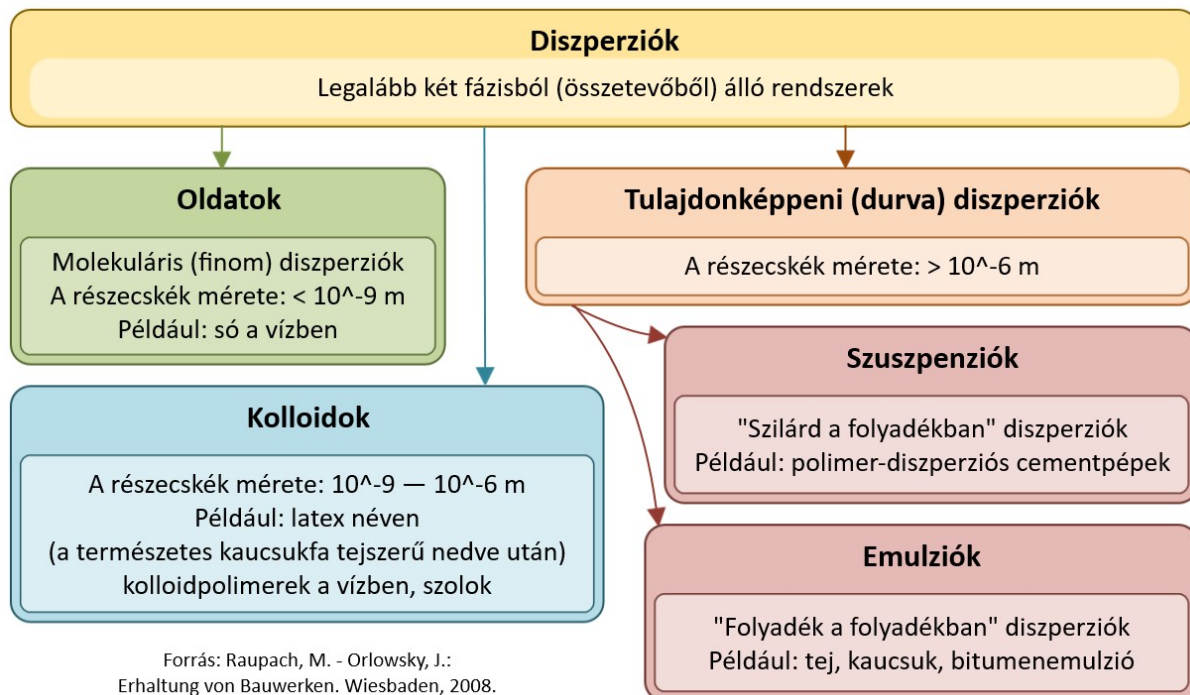
Lásd még: Rugóállandó

Diszkontinuitás

Hézagosság, szakadás; a folytonosság, az összefüggés hiánya.

Diszperzió

A diszperzió a diszperz rendszerek, mint az oldatok, a szuszpenziók és emulziók alkotta durva, tulajdonképpeni diszperz rendszerek, valamint a kolloidok (szolok) összefoglaló megnevezése (1.5.D4. ábra), (Raupach et al., 2008). A diszperzióban a diszpergált fázis részecskéi nem függenek össze, hanem a diszperziós közeg rétege választja el őket egymástól (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981).



1.5.D4. ábra: A diszperzió fogalmának értelmezése (Raupach et al., 2008)

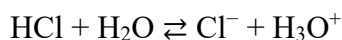
A diszperziókhoz gyakran töltőanyagokat is adnak annak érdekében, hogy a diszperziók tulajdonságait kifejezetten az adott alkalmazáshoz igazítsák. A bevonatokhoz például kalcit, kréta, talkum, kaolin, csillám és szilikát töltőanyagot használnak. A töltőanyagok csökkentik a zsugorodást a filmképződés során, és növelik a sűrűséget, a keménységet, a szilárdságot és a rugalmassági modulust. (Raupach et al., 2008)

Ismertek az újradiszpergálódó porok, amelyeket megfelelő anyagokkal diszperziókból porlasztással, szárítással készítenek, amikor is a polimer részecskék agglomerálódnak és nagyobb, gömb alakú részecskéket képeznek. Az újradiszpergálódó porokhoz vizet adva újra diszpergálódnak. Az újradiszpergálódó porokat például gyárilag a száraz cement-adalékanyag keverékhez adva a habarcsok, esztrichek tulajdonságai módosíthatók (Raupach et al., 2008)

Lásd még: Gél, Emulzió, Kolloidok, Szol, Szuszpenzió

Disszociáció

Disszociációnak a megfordítható kémiai reakciókat nevezik. A disszociáció során a vegyület más vegyületekre esik szét, de a disszociáció nem bomlás, mert a vegyület szétesése nem végleges. Disszociáció például ahogy a sósav ($\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$) a hidrogénjét (kation) leadja a vízmolekulának, miáltal klórion (savmaradék) és oxóniumion keletkezik:



Disszociációs egyensúlyi állandók

A disszociációs egyensúlyi állandóval a kémiában a savak és bázisok erősségét lehet kifejezni.

Lásd: Savállandó, Bázisállandó

Down-Recycling, Downcycling

Down-Recycling vagy Downcycling azoknak a csökkent értékű újrahasznosított anyagoknak az angol megnevezése, amelyeket nem lehet, vagy nem érdemes úgy feldolgozni, hogy minőségük elérje az eredeti anyag minőségét. Példaként a sokféle, nagyon szennyezett háztartási műanyag hulladékot szokták említeni, amelynek fajtánkénti szétválogatása és kellő tisztítása általában gazdaságtalan lenne (*Bliefert*, 2002), de nem lenne nehéz hasonló példát az újrahasznosított adalékanyagok vagy újrahasznosított betonok között sem találni.

Lásd még: Újrahasznosított adalékanyag, Újrahasznosított beton

Duktilitás

Lásd: Betonacél duktilitása, Szálerősítésű lövellt beton

Duroplasztok

Lásd: Műgyanták

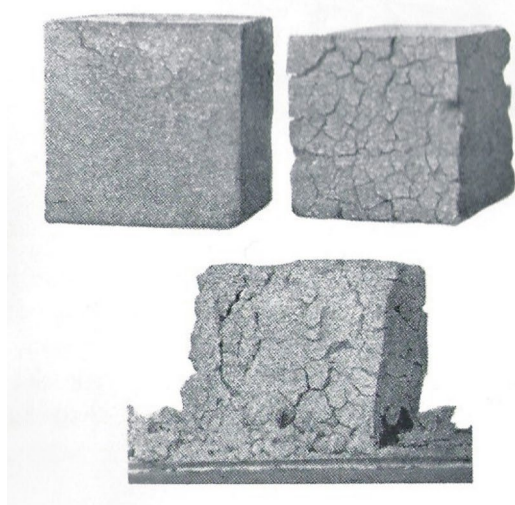
Duzzadásos betonkorrozó, szulfátkorrozó

Angolul: Sulfate attack concrete corrosion, Concrete corrosion due to sulfate attack

Németül: Treibende Betonkorrosion, Sulfatkorrosion

A szilárd beton térfogat-növekedésével járó, káros, duzzadásos betonkorrozó elsősorban a vízben oldott, a cementkő monoszulfát összetevőjével reakcióba lépő szulfátok okozzák: A hidratáció során a trikálcium-aluminát klinkerásvány ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) kalcium-szulfát (kötésszabályozási céllal adagolt gipszkő, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) jelenlétében – melléktermék nélkül – főtermékként kalcium-aluminátszulfátokká, a természetben is előforduló ettringitté, másnéven triszulfáttá ($6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) és a természetben elő nem forduló úgy nevezett monoszulfáttá ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) alakul. Sok szulfáton jelenlétében ettringit (ezt elsődleges ettringit képződésnek nevezik), kevés szulfáton jelenlétében monoszulfát képződik, és ezek a trikálcium-aluminát és szulfátonok arányának függvényében kölcsönösen átalakulhatnak egymásba. A ferritfázis ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) hidratációja során is főtermékként ettringit és monoszulfát keletkezik, csak az alumínium egy részét vas helyettesíti, és a melléktermék alumínium-hidroxid.

Későbbi, külső szulfátforrás hatására a monoszulfát a betonban ettringitté alakulhat (ez a másodlagos ettringit képződés), ez az átalakulás térfogat-növekedéssel jár, és káros duzzadást okoz (1.5.D5. ábra). Ezt a duzzadásos betonkorrozó olykor szulfátkorroziónak hívják. (*Möller*, 1939), (*Riesz*, 1989), (*Balázs – Kausay et al.*, 2017).



Van azonban a betonnak egy ellensége mely különleges védelem hiányában a legjobb minőségű betont is megtámadja: a szulfátos talajvíz (54. ábra).

A kelenföldi keserűsós (magnézium-szulfátos) talaj a betonlapokban és csatornáknak már eddig is nagy károkat okozott és előreláthatólag még súlyos baleseteket várhatunk a beton vegyi okokból eredő pusztulásából kifolyólag (*Möller*, 1939).

54. ÁBRA. BETON ELMÁLLÁSA KESERŰSÓS TALAJVÍZBEN.

1.5.D5. ábra: Részlet *Möller Károly* 1939-ben megjelent, „A mai technika” című könyvéből

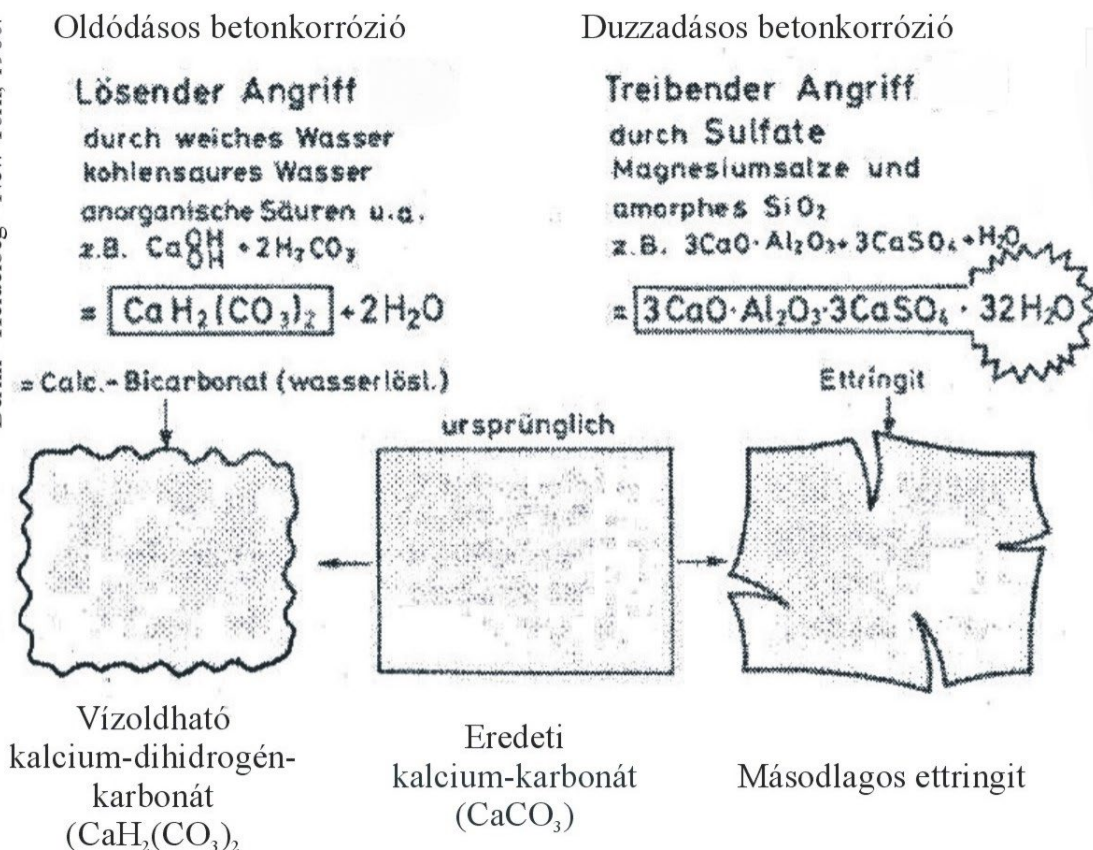
Szulfátkorróziót elsősorban a természetes talajvizek és talajok okozhatnak, amelynek veszélye esetén a betont az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba kell sorolni, és összetételét, vasbeton esetén annak betonfedését is, ennek megfelelően kell megtervezni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint duzzadásos szulfátkorrózió ellenálló betonok készítéséhez szulfátálló portlandcementek (CEM I-SR 0, MSZ EN 197-1:2011) és kohósalakcementek (CEM III/B, MSZ EN 197-1:2011), valamint mérsékelten szulfátálló kohósalakcementek (CEM III/A MSR, MSZ 4737-1:2013) használata szükséges. CEM I-SR szulfátálló portlandcementek esetén kohósalak, pernye vagy puccolán (trasz) kiegészítőanyag használata kedvező, mert ezek a betonnak mind a duzzadásos, mind az oldódásos korrózióval szembeni ellenállását fokozzák; CEM II/A MSR (MSZ 4737-1:2013) típusú mérsékelten szulfátálló portlandcement esetén metakaolin vagy szilikapor kiegészítőanyagot is kell a betonba keverni.

Szulfátkorróziót nem csak a természetes vizek okozhatnak Krenkler (1980), Benedix (2008), például:

- a természetes szellőzésű, nedves üzemű *hűtőtornyok* hűtővize is okozhat szulfátkorróziót, ha a hűtővíznek szulfáttartalma van. Az elragadott és lebegtetett hűtővízcseppekből lecsapódott szulfáttartalmú víz hatására, főképp a kürtő alján, a cementkő kalcium-aluminát-hidrátjai ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ és $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) duzzadó másodlagos ettringitté (kalcium-szulfoaluminát-hidrát, triszulfáttá, $6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) alakulnak (1.5.D6. ábra);
- gyárkémények külső felületén felül és belső felületén a szigetelési hibáknál, valamint alul, ahol a forró füstgázok kondenzációjából keletkező savas folyadék összegyűlik, okozhatnak a füstgázok duzzadásos betonkorróziót. A füstgázok szén-dioxid- (CO_2) és kén-dioxid- (SO_2)-tartalma a párákat és a vizet savas kémhatásúvá teszi, a szénsav (H_2CO_3) hatására a kalcium-karbonát (CaCO_3) vízben jól oldódó kalcium-dihidrogén-karbonáttá ($\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$ = kalciumbikarbonát) alakul, a kénsav (H_2SO_4) hatására a kalcium-karbonátból duzzadó gipszkristályok alakulnak ki, azaz másodlagos ettringit (kalcium-szulfoaluminát-hidrát, triszulfát, $6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) képződik (Kausay et al., 1986).

Krenkler, K.: Chemie des Bauwesens. Band 1.
Springer-Verlag.
Berlin - Heidelberg - New York, 1980.



1.5.D6. ábra: A másodlagos ettringit képződés vázlatrajza Krenkler (1980) építési kémia könyvében

Lásd még: Oldódásos betonkorrózió

Durométer, Durometer

Kemény latinul: dūrus

A durométer hordozható szűrő keménységmérő eszköz (Gillemot, 1972), amelynek a vizsgált anyagba nyomott nyomótestje a viszonylag puha anyagokban – azok rugalmassági modulusától és viszkoelasztikus viselkedésétől, valamint a vizsgálati módtól, a nyomótest kialakításától függő alakú és mértékű – nyomot hagy.

A kerek alakú durométert William F. Shore 1912-ben szabadalmaztatta az Egyesült Államokban, az első kvadráns alakú durométert (quadrant type durometer; Durometer vom Quadrantentyp) Albert F. Shore készítette el 1915-ben, 1941-ben pedig Fred Shore – Albert F. Shore fia – újabb, az eredeti William F. Shore-féle kerek alakú durométerhez sok tekintetben hasonló kerek alakú durométert (round style durometer, runder Durometer) készített és hozott forgalomba, így a durométer a feltalálók neve után a általában Shore-féle durométernek nevezik. Napjaink néhány Shore-durométer gyártmánya az 1.5.D7. ábrán látható.

Az ASTM D 2240:2015 (2021) szabvány tizenkétféle (A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S és -R típusú) durométer-keménység vizsgálati módszer leírását tartalmazza, amely módszerek az elasztomerek, a gumik, a gélszerű anyagok és néhány műanyag keménységének meghatározására alkalmasak. A különböző típusú durométer-módszerekkel vagy más műszerekkel mért keménységek egymásba nem számíthatók át, különösképpen nem az ASTM D 1415:2006 (2012) szerinti ötféle (Standard-1, Standard-2, Micro, Low, High hardness test) IRHD (International Rubber Hardness Degree) gumikeménységre.

A kaucsuk és az elasztomerek *Shore*-keménységének durométerrel végzendő vizsgálatával a visszavont DIN 53505:2000 szabványban is foglalkoztak, amelyet a DIN ISO 7619-1:2012, azt pedig a DIN ISO 48-4:2021 szabvány váltotta fel.



Asker (Japán)

Bareiss (Németország)

Shore/Instron (USA)

Forrás: <http://shore-durometer-history.blogspot.com/>

1.5.D7. ábra: Napjaink néhány *Shore*-durométer gyártmánya

Lásd még: Keménység, Szkleroszkóp,

<http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>,

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/176-kemenyseg.pdf>

Eco-Beton

Lásd: Öko-beton

Edzés

A régi MOSz 106:1933 szabvány szerint az edzés során a kovácsolt vagy hengerelt folytacélt kevésel a felső kritikus hőmérséklet fölé kell hevíteni, és utána az edző folyadékban, például vízben vagy olajban, le kell hűteni. Az edzhetőség a szénttartalommal növekszik. Az edzés következtében az acél keményebb és ridegebb lesz.

Verő József⁶³ professzor írta 1940-ben: „Magas hőmérsékleten a γ -vas stabilis, ez jelentékeny mennyiségű, 1,7% szenet képes oldani. Lehűléskor a γ -vas α -vassá alakul át, ez a módosulat viszont szenet alig old. A vas átalakulásával párhuzamosan tehát a γ -vasban oldott szénnek is külön kell válnia egy szénben dús fázis alakjában. Ez a kettős átalakulás, a széntartalmú γ -vasnak széntől mentes α -vassá és az Fe_3C vaskarbiddá való átalakulása egy, az eutektikus kristályosodáshoz hasonló folyamat, csak az a fázis, amelyikből a kristályosodás történik (γ -vas), nem folyékony, hanem szilárd halmazállapotú. A színvas-, illetőleg vaskarbidkiválás,

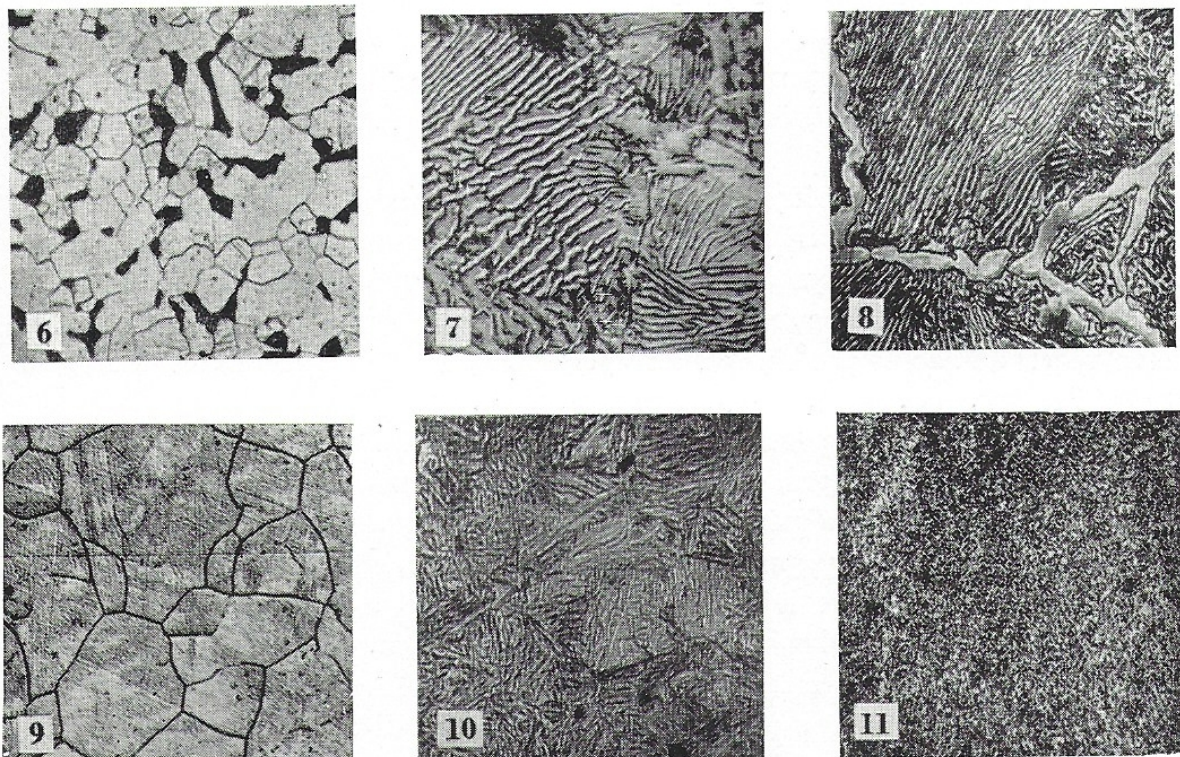
⁶³ Verő József (1904, Sopron – 1985, Budapest) kohómérnök. A soproni Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Főiskola Kohómérnöki Karán diplomázott 1926-ban, ahol tanársegéd lett. Élete során a fémek és ötvözetek kohásátát kutatta. Amikor a főiskola 1934-ben egyetemi rangra emelkedett (a budapesti József Nádor Műegyetem soproni karaként), ő lett az első hazánkban avatott kohómérnök doktor. 1935-ben egyetemi magántanári képesítést szerzett. 1947-ben az MTA levelező tagjává, 1949-ben pedig rendes tagjává választották. A Miskolcra átköltözött soproni egyetem, a Nehézipari Műszaki Egyetem Metallográfiai Tanszékét 1952 és 1968 között vezette. Emellett 1952-1974 között a Vasipari Kutató Intézet igazgatója volt. A Kossuth-díj ezüst fokozatát kétszer, 1949-ben és 1958-ban nyerte el.

Forrás: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Verő_József_\(kohómérnök\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Verő_József_(kohómérnök)),

http://www.matsci.uni-miskolc.hu/femtkepl/munkatarsak/Dr_Vero_Jozsef_Elete.pdf

valamint az azt követő eutektoid-képződés csak igen lassú lehűlés esetén történik meg. Gyorsabb lehűlés esetén kevesebb színvas kristály keletkezik, az eutektoid mennyisége tehát szaporodik; mindkét körülmény növeli az acél szilárdságát és keménységét.”

„Legalább 500 °C/s sebességű gyors lehűtéskor a keménység igen magasra szökik, ugyanakkor azonban az alakíthatóság egészen veszendőbe megy, az acél tehát az edzett acél ismert sajátságait veszi fel. Ilyen gyors lehűléskor az eutektoid képződése egészen elmarad, a γ -vasnak α -vassá alakulása azonban még végbemegy. A gyors lehűléskor a szén az α -vasból nem válik ki, holott az α -vas szént oldani voltaképpen nem képes. Ez a körülmény okozza az edzett acél nagy keménységét. A szövetben az α -vassá átalakulás szintén változást idéz elő; amíg ugyanis a széntartalmú γ -vas a szilárd oldatok normális szövetképét mutatja, addig az edzett acél tús szövetű (1.5.E1. ábra). (Verő, 1940)



15. kép. Acélfajták mikrofotografiái.

6. 0,2% C-tartalmú, lassan hűtött acél. Világos: színvas kristályok. Sötét: eutektoid. 100 × nagyítás. — 7. 0,9% C-tartalmú, lassan hűtött acél. Lemezes eutektoid. 500 × nagyítás. — 8. 1,3% C-tartalmú, lassan hűtött acél. Vaskarbid és lemezes eutektoid. 500 × nagyítás. — 9. 8% Ni- és 18% Cr-tartalmú saválló acél. Szilárd oldat, az oldófém γ -vas. 100 × nagyítás. — 10. Edzett karbonacél tús szövege. 200 × nagyítás. — 11. Edzett és 650°-on megeresztett acél. Vas alapanyagba ágyazott finom vaskarbid. 200 × nagyítás.

1.5.E1. ábra: Acélfajták szövetszerkezetének mikrofotografiái (Verő, 1940)

Lásd még: Acélgyártás, Betétedzés, Felületi edzés, Megeresztés, Szilárd oldat

Egybevágóság

Két függvény, illetve görbe vagy felület geometriailag (alakzatát tekintve) akkor egybevágó, ha azok egymásra fektetve fedik egymást. Az A és B alakzat egybevágóságának szokásos jelölése: $A \cong B$.

Lásd még: Hasonlóság, Transzformáció, transzformálás

Egyedi minta

Az MSZ EN 12350-1:2009 szabvány szerint az egyedi (egyes) minta az a friss beton mennyiség, amelyet a megkért betonból a mintavevővel vagy hasonló eszközzel egy mozdulattal kivesznek.

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint az egyedi minta vagy egyesminta az adalékanyagnak (kőanyaghalmozatnak) az a mennyisége, amelyet az alaphalmazból a mintavevő berendezés egy műveletével kivesznek.

Egyedi vizsgálati minta

Nevezik vizsgálati adagnak is.

Az egyedi vizsgálati minta a mintából vett anyagnak az a mennyisége, amelyet egyetlen vizsgálat során teljes egészében felhasználunk.

Lásd még: Minta, vizsgálati minta

Egyenértékű betontulajdonságok elve

Angolul: Equivalent concrete performance concept (ECPC)

Németül: Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit

Az egyenértékű betontulajdonságok elve az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve az MSZ 4798:2016 szabványban szereplő fogalom, amelynek alapján a legkisebb cementtartalomra és a legnagyobb víz-cement tényezőre vonatkozó követelmények egy puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú, úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyag és egy MSZ EN 197-1, MSZ 4737-1, illetve MSZ 4737-2 szabvány szerinti cement együttes alkalmazása esetén módosíthatók, ha bebizonyosodik, hogy a szóban forgó beton tulajdonságai egyenértékűek a megfelelő referenciabeton tulajdonságaival, különösképpen a környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképesség tekintetében.

Lásd még: Víz-kötőanyag tényező

Egyenértékű kötőanyag-csoportosítások elve

Angolul: Equivalent Performance of Combination Concept (EPCC)

Németül: Konzept gleicher Leistungsfähigkeit von Bindemittelkombinationen

Az egyenértékű kötőanyag-csoportosítások elve az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve az MSZ 4798:2016 szabványban szereplő fogalom, amely szerint valamely adott hatékony kötőanyagtartalommal készített különböző cementtartalmú betonok egyenértékű víz-cement tényező alkalmazása mellett a kötőerő szempontjából egyenértékűek.

Például 260 kg/m^3 CEM I portlandcementnek és 65 kg/m^3 0,4 k -értékű savanyú pernyének a keveréke $260 + 0,4 \times 65 = 286 \text{ kg/m}^3$ hatékony kötőanyag lévén egyenértékű az ugyanilyen hatékonyságú 286 kg/m^3 CEM II/A-V pernyeportlandcementtel; szemben a 80% klinker (260 kg/m^3) és 20% savanyú pernye (65 kg/m^3) alkotta, az előbbieknél hatékonyabb 325 kg/m^3 CEM II/A-V pernyeportlandcementtel; a klinker és a pernye cementgyári együttőrlése meghozza a gyümölcsét.

Lásd még: Víz-kötőanyag tényező

Egyenértékű víz-cement tényező, ekvivalens (equivalens) víz-cement tényező

Az egyenértékű víz-cement tényező a friss betonban levő hatékony víztartalomnak és a k hatékonysági tényező révén beszámítható kötőanyagtartalomnak (cement + $k \times$ kiegészítőanyag) a tömegaránya. (MSZ 4798:2016)

Lásd: Víz-kötőanyag tényező

Egyenletes maradó nyúlás

Angolul: Uniform elongation after fracture

Németül: Gleichmäßige nichtproportionale Dehnung

A maradó nyúlást akkor nevezik „egyenletes maradó nyúlásnak” vagy „szakadás utáni egyenletes maradó nyúlásnak”, ha a fém – például betonacél vagy feszítőacél – maradó nyúlását az elszakadt próbatest hosszabb darabján, a szakadás és a befogás helyétől bizonyos távolságra határozzák meg. Az „egyenletes” jelző arra utal, hogy a jeltávolságon belül nincs kontrakció (befűződés). *Rejtő* (1924)

Jele: A_r (MSZ EN ISO 15630-1:2020), A_{wn} (MSZ EN ISO 6892-1:2020)

Lásd még: Betonacél legnagyobb terheléskori nem arányos és teljes nyúlása, Egyenletes maradó nyúlás szakadás után, Maradó nyúlás, Maradó nyúlás szakadás után

Egyenletes maradó nyúlás szakadás után

Angolul: Plastic elongation without necking (MSZ EN ISO 6892-1:2020)

Uniform elongation after fracture (MSZ EN ISO 15630:2020)

Németül: Plastische Dehnung ohne Einschnürung (nach dem Bruch)

Gleichmaßdehnung (nach dem Bruch)

Az egyenletes maradó nyúlást így is szokták nevezni, például: Szakadási vagy szakadás utáni egyenletes maradó nyúlás, Kontrakció nélküli maradó nyúlás szakadás után

Megjegyzés:

- Az „egyenletes” jelző arra utal, hogy a jeltávolságon belül nincs kontrakció (befűződés).
- A maradó nyúlást főképp idegen nyelvből fordított szövegekben sokszor „képlékeny nyúlásnak” vagy „nem arányos nyúlásnak” nevezik.

A fémek szakadás utáni egyenletes maradó nyúlását (A_{wn}) – így a betonacélok és feszítőacélok MSZ EN ISO 15630-1:2020, MSZ EN ISO 15630-2:2020, MSZ EN ISO 15630-3:2020 szabvány szerinti szakadási egyenletes nyúlását (A_r) is – az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány J melléklete szerint az elszakadt próbatest hosszabb darabján ajánlott megmérni. A mérés a szakadási („nem egyenletes”) maradó nyúláshoz (A) hasonlóan végzendő, azzal az eltéréssel, hogy a mérési szakasz határai (jeltávolság) a szakadástól legalább $5 \times d_0$, a befogástól pedig legalább $2,5 \times d_0$ távolságban vannak.

A szakadási egyenletes maradó nyúlást kellő hosszúságú próbatest szakadás után gondosan összeillesztett két darabján is meg lehet mérni. E méréshez olyan hosszú, d_0 átmérőjű próbatest (próbapálcá) szükséges, hogy azon a húzóvizsgálat előtt az $L_{0;10d} = 10 \times d_0$ kezdeti (eredeti) jeltávolság kijelölhető legyen. Az egykori MOSz 105:1933 szabványban az ilyen acélvizsgálati körkeresztmetszetű próbapálcát „hosszú arányos pálcának” nevezték.

Ha a szakadás után gondosan összeillesztett próbapálcán a kezdeti $L_{0;5d}$ és $L_{0;10d}$ jeltávolság szakadás utáni L_{5d} és L_{10d} hosszát megmérjük, majd ezekből kiszámítjuk a szakadási maradó nyúlást az $L_{0;5d}$ jeltávolságon (A_5):

$$A_5 = \frac{L_{5d} - L_{0;5d}}{L_{0;5d}}$$

és az $L_{0;10d}$ jeltávolságon (A_{10}):

$$A_{10} = \frac{L_{10d} - L_{0;10d}}{L_{0;10d}}$$

akkor az

$$A_{wn} = 2 \times A_{10} - A_5$$

összefüggés a szakadási egyenletes maradó nyúlást adja meg. Ez a – méltán *Rejtő*-féle összefüggésnek nevezhető – képlet *Rejtő Sándor* professzor könyvében (*Rejtő*, 1924) és az

egykori MOSz 102:1933 szabványban egyaránt megtalálható. A *Rejtő*-féle összefüggés magyarázata a *Húzókeménység* címszó alatt olvasható.

A *Rejtő*-féle összefüggés *Rußwurm* (1989) tanulmányában is megtalálható ($A_G = 2 \times A_{10} - A_5$) „*F. Übel*: Archiv Eisenhüttenwerke. 9. 1935/36. S. 515.” irodalmi hivatkozással.

Megjegyzés: Minthogy az elszakadt próbatest hosszabb darabjához csak a próbatest elszakadása után jutunk, következik, hogy a fogalom „Deformation of the plastic elongation without necking” angol megnevezésének magyar fordítása – „Kontrakció nélküli maradó nyúlás a legnagyobb terheléskor” – a visszavont MSZ EN ISO 6892-1:2010 szabványban helytelen volt.

A fémek szakítóvizsgálatával foglalkozó MSZ EN ISO 6892-1 szabvány 2010 után kiadott változatainak (MSZ EN ISO 6892-1:2016, MSZ EN ISO 6892-1:2020) nincs hivatalos magyar fordítása; a betonacél és feszítőacél vizsgálati módszereivel foglalkozó MSZ EN ISO 15630-1 szabvány változatai (MSZ EN ISO 15630-1:2002, MSZ EN ISO 15630-1:2011, MSZ EN ISO 15630-1:2020) egyikének sincs hivatalos magyar fordítása.

Jele: A_{wn} (MSZ EN ISO 6892-1:2020), A_r (MSZ EN ISO 15630-1:2020)

Lásd még: Húzókeménység

Egyenletes nyúlás

Óvári és szerzőtársai (*Óvári* szerk., 1985) szerint a fémek egyenletes nyúlása a húzószilárdság diagramon (σ - ε görbén) a képlékeny alakváltozás kezdetétől a legnagyobb terhelésig (a görbe maximumáig) tartó fajlagos megnyúlás.

Lásd még: Húzókeménység

Egyenlőtlenlégi együttható

Az adalékanyag egyenlőtlenlégi együtthatója az azonos finomsági modulusú, de eltérő elhelyezkedésű szemmegoszlási görbék megkülönböztetésének eszköze, finom vagy durva voltak, szemmagyság tartományuk terjedelmének, szórásának, fajlagos felületének, hézagterfogatának egyik lehetséges közvetett kifejezője.

Az adalékanyag szemmegoszlásának egyenlőtlenlégi együtthatója, amelyet

- az építési kőanyagok szemmegoszlásjellemzőinek MSZ 18288-5:1981 szabványa szerint – a talajmechanikai (geotechnikai) gyakorlathoz hasonlóan – a szemmegoszlási görbe 60 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{60}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{10}) hányadosaként;
- a MÉASZ ME-04.19:1995 beton és vasbeton készítési műszaki előírás 3.2.1.1.5. szakasza szerint pedig a szemmegoszlási görbe 70 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{70}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság (d_{10}) hányadosaként kell kiszámítani.

Jele ennek megfelelően: $U_{60/10}$, illetve $U_{70/10}$

Egyensúlyi állandó

Lásd: Disszociációs egyensúlyi állandó

Egyensúlyi nedvességtartalom

Németül: Gleichgewichtsfeuchte

Az egyensúlyi nedvességtartalom az építőanyag azon állapota, amelyben a víztartalma egyensúlyban van a környező levegő páratartalmával. A megfelelő egyensúlyi nedvességtartalom elérése például az egyes burkolati rétegek egymásra építésének a feltétele (burkolásra érett németül: Belegreife). Ez a nedvességtartalmi érték általában mintegy 2,0-3,0%.

Egyensúlyi szénsav (tartalékos szénsav)

Egyensúlyi (tartalékos) szénsav az oldatban lévő összes szabad szénsavnak (CO_2 vizes oldata) az a része, amely a kalcium-hidrogén-karbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) oldatban tartásához szükséges. Egyensúlyi szénsav = összes szabad szénsav – agresszív szénsav (Hunkár 1940, Biczók 1956).

Lásd még: Agresszív szénsav, Összes szénsav

Egyensúlyi víztartalom

Egyensúlyi víztartalomnak a beton keverővizének a párolgás után a cementkőben visszamaradt részét nevezzük.

Lásd még: Cementkőben lévő víz

Egyezményes folyáshatár a próbatest terheletlen állapotában

Terheletlen állapotban mért egyezményes folyáshatár

- angolul: Permanent set strength (visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020)
- németül: Grenzwert der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung (DIN EN ISO 6892-1:2017)

Maradó nyúlás (nem arányos nyúlás, képlékeny nyúlás)

- angolul: Non-proportional extension, Plastic extension
- németül: Nichtproportionale Dehnung, Nichtproportionale Verlängerung, Plastische Dehnung, Bleibende Dehnung (Klein szerk., 2008)

Határozott folyáshatár nélkül

- angolul: Without discontinuous yielding
- németül: Ohne Streckgrenze, Nicht ausgeprägte Fließgrenze (Siebel szerk., 2. kötet, 1955)

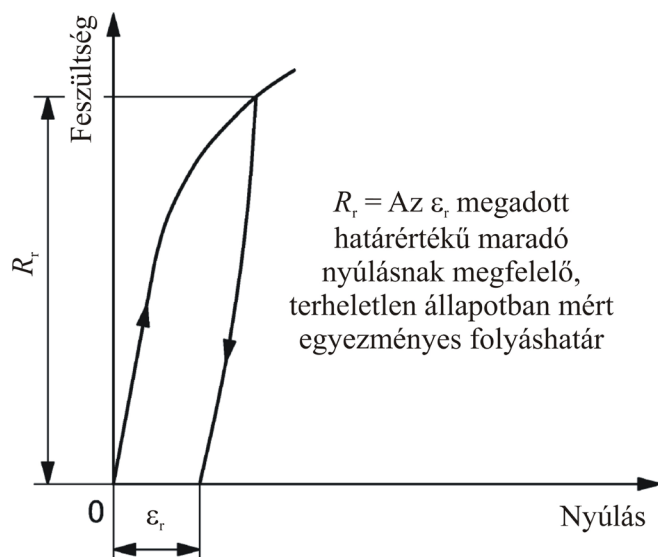
Határozott folyáshatár nélküli fémek folyáshatára

- angolul: Proof strength (egyezményes folyáshatár, MSZ EN 10027-1:2017)
- németül: Dehngrenze

Egyezményes folyáshatára a határozott folyáshatár nélküli fémeknek van.

A határozott folyáshatár nélküli fémek – többek között a hidegen alakított betonacélok és a feszítőacélok – terheletlen állapotban mért egyezményes folyáshatára (R_r) az a feszültség, amelyen a terhelőerő megszüntetése után a maradó megnyúlás nem haladja meg az eredeti jeltávolság (L_0), illetve a nyúlásmérő mérőhosszának (L_e) százalékában előírt (e_{rk}) értéket.

Meghatározása az úgy nevezett „megfelel/nem felel meg” vizsgálat, amelynek során a próbatestet 10-12 másodpercig az előírt feszültségnek (R_r) megfelelő erővel terhelik, majd tehermentesítik, és a maradó megnyúlást megméri, majd annak az eredeti jeltávolságra vetített fajlagos értékét, a maradó nyúlást kiszámítják, és összehasonlítják a megadott határértékkel (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892:2020), (1.5.E2. ábra).

**1.5.E2. ábra:**

A határozott folyáshatár nélküli fémek *terheletlen állapotban*, például az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerint mért egyezményes folyáshatárának (R_r) értelmezése

Megjegyzés:

Az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabványban az ε_r maradó nyúlást teljes nyúlásnak nevezik.

Az alkalmazott jelölést az eredeti jeltávolság (L_0), illetve a nyúlásmérő jeltávolsága (L_e) előírt százalékát kifejező indexszel kell kiegészíteni, például $R_{r0,2}$ (MSZ EN ISO 6892-1:2020).

Jele: R_r (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020)

A betonacélok és feszítőacélok (esetenként fémek) nyúlási és szilárdsági tulajdonságainak különböző szabványos jeleit *könyvünk 1.4.1. táblázatában* tekintettük át.

Összefoglalva, az R_r meghatározása: A tehermentesített, határozott folyáshatár nélküli fémpróbatestek megadott határértékű maradó nyúlásához (például betonacél esetén: $\varepsilon_r = 0,2\%$) rendelt egyezményes folyáshatár előírt jellemző értéke (például: $R_{r0,2k} = 500 \text{ N/mm}^2$), amelynél az egyezményes folyáshatár tapasztalati jellemző értéke ($R_{rk, \text{test}}$) kisebb ne legyen ($R_r = C_v = R_{rk} \leq R_{rk, \text{test}} = R_{rm, \text{test}} - k \times s$, ahol: $C_v \rightarrow$ characteristic value = jellemző érték, $R_{rm, \text{test}} =$ egyezményes folyáshatár tapasztalati átlagértéke, $k =$ alulmaradási tényező, $s =$ tapasztalati szórás).

Lásd még: Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában

Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában

Terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár

- angolul: Proof strength at non-proportional extension (visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020)
- németül: Dehngrenze bei nichtproportionaler Dehnung (DIN EN ISO 6892-1:2017)

Maradó nyúlás (nem arányos nyúlás, képlékeny nyúlás)

- angolul: Non-proportional extension, Plastic extension
- németül: Nichtproportionale Dehnung, Plastische Dehnung, Bleibende Dehnung (Klein szerk., 2008)

Határozott folyáshatár nélkül

- angolul: Without discontinuous yielding
- németül: Ohne Streckgrenze, Nicht ausgeprägte Fließgrenze (Siebel szerk., 2. kötet, 1955)

Határozott folyáshatár nélküli fémek folyáshatára

- angolul: Proof strength (egyezményes folyáshatár, MSZ EN 10027-1:2017)
- németül: Dehngrenze

Egyezményes folyáshatára a határozott folyáshatár nélküli fémeknek van.

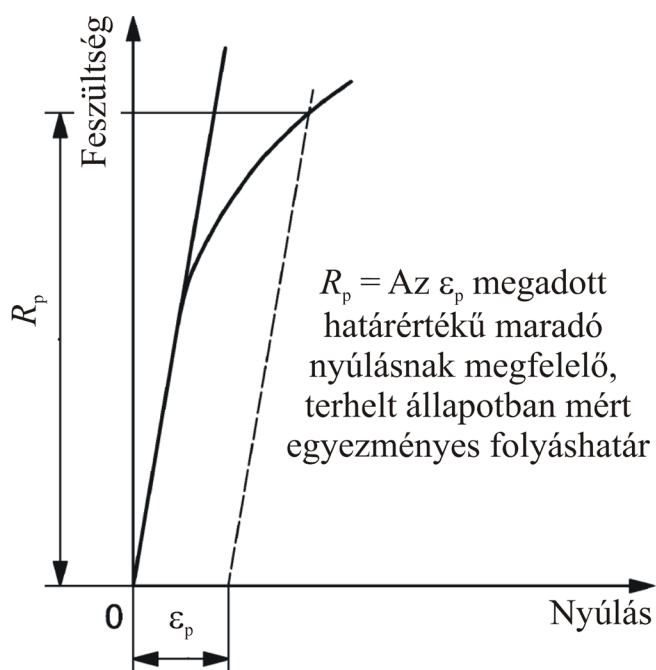
Egyezményes folyáshatárnak a határozott folyáshatár nélküli fémek – többek között a hidegen alakított betonacélok és a feszítőacélok – megadott határértékű maradó nyúlását okozó

feszültségét, például a hidegen alakított betonacélok esetén a 0,2 %-os, a feszítőacélok esetén a 0,1 %-os maradó nyúlást okozó feszültséget nevezzük.

Az egyezményes folyáshatár tulajdonképpen csak akkor értelmezhető, ha a mértékét meghatározó maradó nyúlás előírt értékét is megadjuk, amelyet a jelölés indexébe is beírunk, például így: $R_{p0,2}$ (MSZ EN 10080:2005) vagy így: $f_{p0,1}$ (MSZ EN 1992-1-1:2010).

A terhelt próbatestek egyezményes folyáshatárát (R_p) szerkesztéssel úgy határozzuk meg, hogy a σ - ε húzószilárdság diagram vízszintes tengelyének 0,1%-os vagy 0,2%-os pontjából párhuzamost húzunk a görbe kezdeti érintőjével. A megadott határértékű maradó nyúlásnak megfelelő, terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatárt a kezdeti érintővel párhuzamos egyenes és a σ - ε húzószilárdság diagram metszéspontja adja meg (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892:2020, MSZ EN ISO 15630-1:2020, MSZ EN ISO 15630-3:2020), (1.5.E3. ábra).

A 0,2%-os egyezményes folyáshatár meghatározásáról Palotás László „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyve 2 kötetének (1979) 14.12. szakaszában mint a „0,2%-os határ”, illetve a „0,2%-os maradó nyúlás” meghatározásáról lehet olvasni.



1.5.E3. ábra:

A határozott folyáshatár nélküli fémek *terhelt állapotban*, például az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerint mért egyezményes folyáshatárának (R_p) értelmezése

Az MSZ EN 10080:2005, illetve MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabványban az olyan hegeszthető betonacél, illetve acél, betonacél, feszítőacél, általában fém megnevezése, amelynél „folyási jelenség nem mutatkozik”: „határozott folyáshatár nélküli” vagy „folyamatos folyású” acél, betonacél, feszítőacél, általában fém. Szóhasználatunkban ez hidegen alakított betonacélt vagy feszítőacélt jelent.

Az MSZ EN 10080:2005 szabványban úgy fogalmaztak, hogy a hegeszthető betonacélok „terhelt állapotban 0,2% nem arányos nyúlásnál mért egyezményes folyáshatárának” jele: $R_{p0,2}$. Az $R_{p0,2}$ egyezményes folyáshatárt – az R_{eH} felső folyáshatár helyett – akkor kell meghatározni, ha „folyási jelenség nem mutatkozik”. A „nem arányos nyúlás” („képlékeny nyúlás”) szóhasználatunkban „maradó nyúlást” jelent.

Az „egyezményes folyáshatár” általában a terhelt állapotú próbatest egyezményes folyáshatárát jelenti, hacsak nem hangsúlyozzák, hogy az egyezményes folyáshatárt terheletlen állapotban (a próbatestet terhelő erő megszűnte utáni állapotban) kell megmérni.

Megjegyzés: Az MSZ EN 1992-1-1:2010 és az MSZ EN 1992-2:2009 Eurocode 2 tervezési szabvány magyar nyelvű változatában

- a feszítőacél 0,1% maradó nyúláshoz tartozó egyezményes folyáshatárát ($f_{p0,1}$), valamint annak jellemző értékét ($f_{p0,1k}$) és
- a betonacél 0,2% maradó nyúláshoz tartozó egyezményes folyáshatárának jellemző értékét ($f_{0,2k}$)

„maradó nyúláshoz tartozó *névleges* folyáshatár”-nak, illetve a „maradó nyúláshoz tartozó *névleges* folyáshatár jellemző értéke”-nek (ott karakterisztikus értéke) fordították. Az $f_{p0,1}$ ($= R_{p0,1}$), illetve $f_{p0,1k}$ ($= R_{p0,1k}$) és $f_{0,2k}$ ($= R_{p0,2k}$) jelek valójában a terhelés alatt lévő próbatestnek a maradó nyúláshoz tartozó egyezményes folyáshatárát, illetve annak jellemző értékét jelölik (lásd például az MSZ EN ISO 6892-1:2020, az MSZ EN ISO 15630-1:2020, az MSZ EN ISO 15630-3:2020, az MSZ EN 10080:2005 szabványt). *A névleges folyáshatár a teljes nyúláshoz, és nem a maradó nyúláshoz tartozik.*

Megjegyezzük továbbá, hogy a magyar nyelvű MSZ EN 10080:2005 betonacél termékszabványban helyesen fogalmaztak: „terhelt állapotban, 0,2% nem arányos nyúlásnál mért egyezményes folyáshatár” és a magyar nyelvű MSZ EN 1992-1-2:2013 tervezési szabvány 4.2.4.3. szakaszának (1) bekezdésében is helyes a fordítás: N osztályú betonacélok, illetve X osztályú betonacél „esetén a 0,2%-os egyezményes folyáshatárra vonatkozóan”.

Jele például: R_p (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020, MSZ EN 10080:2005), f_p (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009)

A betonacélok és feszítőacélok (esetenként fémek) nyúlási és szilárdsági tulajdonságainak különböző szabványos jeleit *könyvünk 1.4.1. táblázatában* tekintettük át.

Összefoglalva, az R_p ($= f_p$) meghatározása: A húzóerővel terhelt, határozott folyáshatár nélküli fémpróbatetek megadott határértékű maradó nyúlásához (például: $\varepsilon_p = 0,1\%$, $\varepsilon_p = 0,2$) rendelt egyezményes folyáshatár előírt jellemző értéke (például: $R_{p0,2k} = 500 \text{ N/mm}^2$), amelynél az egyezményes folyáshatár tapasztalati jellemző értéke ($R_{pk, \text{test}}$) kisebb ne legyen ($R_p = C_v = R_{pk} \leq R_{pk, \text{test}} = R_{pm, \text{test}} - k \times s$, ahol: $C_v \rightarrow$ characteristic value = jellemző érték, $R_{pm, \text{test}} =$ egyezményes folyáshatár tapasztalati átlagértéke, $k =$ alulmaradási tényező, $s =$ tapasztalati szórás).

Lásd még: Egyezményes folyáshatár a próbatest terheletlen állapotában, Névleges folyáshatár a próbatest terhelt állapotában

Egy-, két-, többlépcsős (egy-, két, többfokozatú) mintavétel

Az egy-, két-, többlépcsős (egy-, két, többfokozatú) mintavétel (*Rinne et al., 1995*) az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerinti matematikai statisztikai fogalom.

Egylépcsős mintavétel esetén a tételt (terméket, szállítmányt stb.), akkor veszik át, ha az adott elemszámú mintában talált nem megfelelő elemek száma a megengedettnél (az úgy nevezett átvételi számnál) kisebb vagy azzal egyenlő, és akkor utasítják vissza, ha a nem megfelelő elemek száma a megengedettnél nagyobb.

Kétlépcsős (kétszeres, két fokozatú) mintavétel esetén két mintát kell venni. Ha az első, adott elemszámú mintában talált nem megfelelő elemek száma az „első átvételi szám”-nál kisebb vagy azzal egyenlő, akkor a tételt (terméket, szállítmányt stb.) átveszik, ha pedig a nem megfelelő elemek száma az „első visszautasítási szám”-nál nagyobb vagy azzal egyenlő, akkor a tételt visszautasítják.

Ha az első mintában talált nem megfelelő elemek száma az első átvételi és az első visszautasítási szám közé esik, akkor második mintát kell venni, amelynek nagyságát a mintavételi terv határozza meg. Az első és a második mintában talált nem megfelelő elemek számát össze kell adni. Ha a nem megfelelő elemek halmozott száma legfeljebb akkora, mint a „második átvételi szám”, akkor a tételt átveszik, ha pedig akkora, mint a második visszautasítási szám, vagy annál nagyobb, akkor a tételt visszautasítják.

A többlépcsős mintavétel értelemszerűen hasonlít a kétlépcsős mintavételhez.

Lásd még: AOQ Átlagos kimenő hibaszint, egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati terv, Kétszeres vizsgálati terv

Egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati terv

Angolul: Single sampling plans for attributes

Németül: Einfache Prüfpläne für die Attributenkontrolle

Az egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati terv – szemben a kétlépcsős és a töblépcsős (kétszeres és a többszörös, illetve fokozatú) vizsgálati tervvel – az egylépcsős (egyfokozatú) mintavétellel vett minták vizsgálatának terve. Az egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati tervvel a minta egy (egyetlen) adott követelmény értéknek való megfelelését vizsgáljuk. Paraméterei a halmaz (tétel) elemszáma (N), a minta elemszáma (n) és a hibás (nem megfelelő) elemek megengedett legnagyobb száma ($c = k_{\text{megengedett}}$) a mintában. A halmaz (tétel) megfelelése feltételének teljesülését egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati terv esetén általában az OC-görbe alapján ítéljük meg (*Rinne et al.*, 1995).

Lásd még: Egy-, két-, töblépcsős (egy-, két, többfokozatú) mintavétel, OC-görbe

Egyszerűsített extrémérték-eloszlás

Angolul: reduced extreme value distribution, németül: reduzierte Extremwertverteilung

Az egyszerűsítés az extrémérték-eloszlás háromparaméteres valószínűségi függvényének a helyparaméter (a) és skálaparaméter (b) szerinti transzformációja, amely által az egyparaméteres (c alakparaméteres) extrémérték-eloszlások (*Fréchet*-eloszlás és *Weibull*-eloszlás) függvényének határpontja a koordináta-rendszer ordinátatengelyére kerül. Ugyanakkor az egyparaméteres extrémérték-eloszlás (*Gumbel*-eloszlás) sűrűségfüggvénye móduszának helye a koordináta-rendszer origója.

Ismert, hogy a standardizálás a kétparaméteres (a , b) valószínűségi függvény olyan transzformációja, amellyel az $a = 0$, $b = 1$ paraméteres transzformált (standardizált) valószínűségi függvény várható értéke a koordináta-rendszer origójába kerül.

Lásd még: Extrémérték-eloszlás

Ekvivalens (equivalens) víz-cement tényező

Lásd: Egyenértékű víz-cement tényező

Elasztomer

Az elasztomer a gumyszerűen rugalmas mesterséges (szintetikus) és természetes polimerek gyűjtőneve. Az elasztomerek eredeti hosszúságuknak akár kétszeresére nyújtható rugalmas anyagok. Szövetszerkezetük amorf, ha jelentős alakváltozást nem szenvednek.

Az elasztomerek vagy gumik lényegében lineáris alakú polimerek, amelyek csak helyenként térhálósodnak, amely térhálóban a másodlagos kötések már szobahőmérsékleten megolvadt állapotban vannak. A térháló csomópontjai az elasztomerek úgy nevezett „emlékezőpontjai”, amelyeknek köszönhetően tehermentesítés után az anyag megint az eredeti alakját veszi fel. (*Neumüller szerk.*, 1. kötet, 1981)

Tipikus elasztomer például a polyisopren (természetes kaucsuk), a polybutadien (mesterséges gumi), a polychloropren (neoprén és egyéb védőruhák, olajálló gumik, tömítések).

A természetes kaucsukot, amely a vulkanizálással kapott gumi legfontosabb alapanyaga, a kaucsukfából csapolt latexből (tejnedvből) gyártják. A mesterséges kaucsukokat (műkaucsukokat, amelyekből vulkanizálással mesterséges gumit gyártanak) általában kőolajból és földgázból állítják elő. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/>)

Lásd még: Gumi, Kaucsuk, Vulkanizálás

Elektród

Az elektród az elektrolittal érintkező vezetők megnevezése. Szűkebb értelemben az elektród a fémes vezető azon helye, amely az ionos vezetéshez az átmenetet létrehozza.

Az *anód* olyan elektród, amelyen oxidációs folyamatok mennek végbe; a *katód* pedig olyan elektród, amelyen redukációs folyamatok mennek végbe. (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981)

Lásd még: Elektrolit, Anód, Katód, Elektromotoros erő

Elektródpotenciál

Nevezik elektromos potenciálnak, normálpotenciálnak, standard potenciálnak, redoxi potenciálnak is.

Az elektródpotenciál azt fejezi ki, hogy mekkora elektromos feszültség szükséges az elektródnak az elektrolit-oldatba viteléhez, illetve valamely folyamat, például elektrolízis, meghatározott állapotban tartásához. Mértékegysége: mV

Lásd még: Elektrolit, Elektrokémiai feszültségi sor, Oldástenzio, Redoxi potenciál

Elektrokémiai feszültségi sor

Az elektrokémiai feszültségi sor alatt a fémeknek a normálpotenciáljuk alapján rendezett sorát (jegyzékét, listáját) értjük, lásd az 1.5.E4. ábrát.

Néhány közismert fém normálpotenciál értéke (V, volt) a következő:

Kálium (K)	- 2,94	Negatív normálpotenciálú fémek savakban hidrogén fejlődéssel oldódnak.
Magnézium (Mg)	- 2,37	
Alumínium (Al)	- 1,66	
Cink (Zn)	- 0,76	
Vas (Fe)	- 0,44	
Hidrogén (H)	0,00	Pozitív normálpotenciálú fémek savakban nem fejlesztenek hidrogént, és ezért nem oldódnak még erős savakban sem.
Ón (Sn)	+ 0,22	
Réz (Cu)	+ 0,34	
Ezüst (Ag)	+ 0,80	
Higany (Hg)	+ 0,85	
Platina (Pt)	+ 1,20	
Arany (Au)	+ 1,50	

1.5.E4. ábra: Fémek elektrokémiai feszültségi sora

Két fém érintkezésekor nedvesség és oxigén jelenlétében mindig az anód szerepét betöltő, negatívabb potenciálú (E elektródpotenciálú) fém korrodálódik, például vas és alumínium érintkezése esetén az alumínium:

$$\text{katód} \rightarrow E_{\text{vas}} = -0,44 \text{ V} > E_{\text{alumínium}} = -1,66 \text{ V} \leftarrow \text{anód}$$

vagy például vas és réz érintkezése esetén a vas korrodálódik:

$$\text{katód} \rightarrow E_{\text{réz}} = +0,34 \text{ V} > E_{\text{vas}} = -0,44 \text{ V} \leftarrow \text{anód}$$

Lásd még: Elektródpotenciál, Oldástenzio

Elektrolit

Olyan anyagok gyűjtőneve, amelyek vizes oldata (más tudományágakban az olvadéka is) vezeti az elektromos áramot.

Lásd még: Elektrolitos disszociáció, Elektródpotenciál

Elektrolitos disszociáció

Elektrolitos disszociációnak (bomlásnak) azt a jelenséget nevezzük, amelynek lejátszódásakor a vízben vagy más oldószerben oldott savak, bázisok és sók (egy szóval: elektrolitok) molekulái teljesen vagy részben elektromos töltésű részecskékre hasadnak (disszociálnak). Egyenáram hatására a negatív töltésű részecskék (anionok) a pozitív töltésű elektródhoz – az anódnak nevezett pozitív pólushoz – és a pozitív töltésű részecskék (kationok) a negatív töltésű elektródhoz – a katódnak nevezett negatív pólushoz – vándorolnak, ezért ezeket a részecskéket ionoknak (görögül „vándorló”-nak) nevezik.

Az elektrolitos disszociáció elmélete szerint például a konyhasó-oldatban nem NaCl-molekulák, hanem pozitív elektromos töltésű kationok, azaz nátrium-ionok (Na^+) és negatív elektromos töltésű anionok, azaz klorid-ionok (Cl^-) vannak. (*Neumüller szerk.*, 1. kötet, 1981).

Lásd még: Anion, Anód, Kation, Katód, Hidratáció

Elektrolízis

Az elektrolízis a vegyületek felbontása a rajtuk átvezetett elektromos áram segítségével.

Lásd még: Elektrolitos disszociáció

Elektromotoros erő

Az elektromotoros erőnek nevezett fogalom fizikai értelemben nem erőt, hanem a villamos áramforrás kivezetései közötti feszültségkülönbséget, például elektrolízis során az elektródok között folyó áram feszültségét jelenti.

Lásd még: Elektród, Elektrolízis

Elektronhég

Lásd: Vegyértékelektron

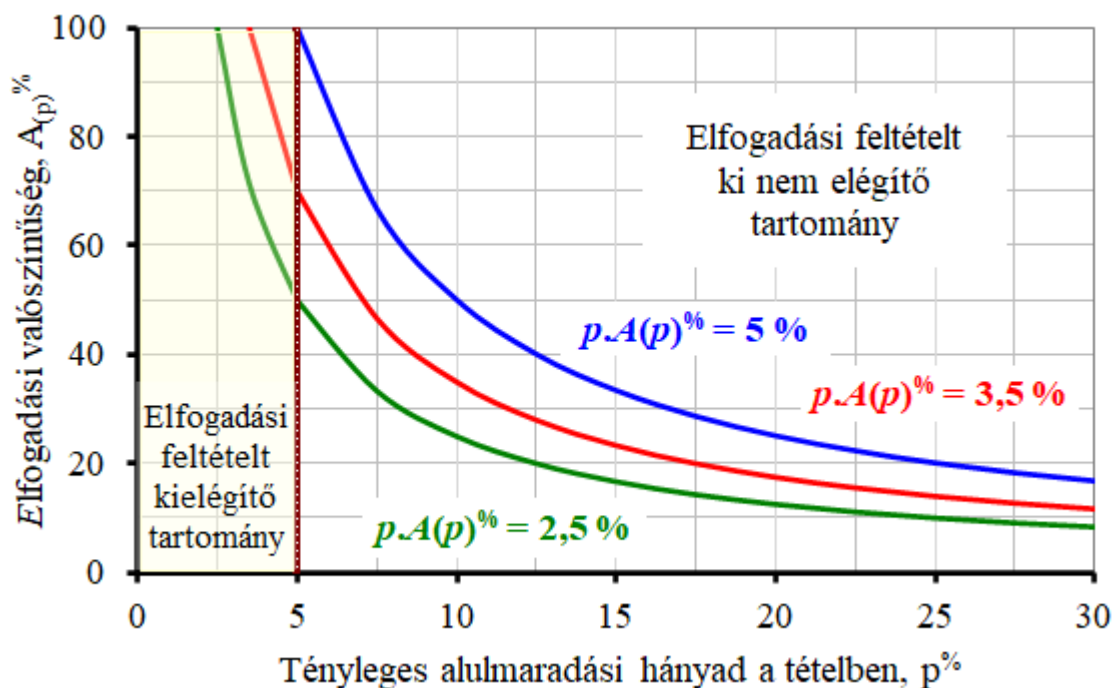
Elektrosztatikus kötés

Lásd: Ionos kötés

Elfogadási jelleggörbe, elfogadási görbe

Az elfogadási jelleggörbe (elfogadási görbe), a tétel $A(p)$ elfogadási valószínűségét a tényleges p alulmaradási hányad függvényében mutatja meg. Függvény alakja: $p \times A(p) = \text{konstans}$ (1.5.E5. ábra).

Lásd még: OC-görbe



1.5.E5. ábra: Elfogadási jelleggörbe, elfogadási görbe

Elfogadási valószínűség

Az elfogadási valószínűség a p alulmaradási hányadú (általában $p = 0,05$, azaz 5%) betontérfogat (tétel) elfogadásának valószínűsége. Jele: $A(p)$

Lásd még: Elfogadási jelleggörbe

Elgőzölhető víz

Az elgőzölhető vizet pórusvíznek is nevezik.

Az elgőzölhető víz az a víz, amelynek gőznyomása 23 °C hőmérsékleten nagyobb, mint 6×10^{-4} Torr ($= 79,99 \text{ N/m}^2 = 7,89 \times 10^{-7} \text{ atm}$).

Ez lényegében hagyományosan 105-110 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítás vagy fagyasztásos szárítás (általában először megfagyasztják a víztelenítendő anyagot, majd vákuumot idéznek elő, és így vonják ki a vízmolekulákat a jégkristályból) során a testből távozó víz. Napjaink felfogása szerint a cementkővet és a betont legfeljebb, illetve a szabványok többsége szerint 60 ± 5 °C hőmérsékleten kell kiszárítani.

A cementkőből elgőzölhető víz (pórusvíz) szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből (adszorpciós víz, fizikailag kötött víz) áll.

Gyakorlatban a betonok 0,35–0,75 közötti víz-cement tényezővel készülnek, de 1,0 g cement teljes hidratációja során cementfajtától függően csak (0,21–0,24) g vizet köt meg. A cementkőből elgőzölhető, lényegében kémiaiilag meg nem kötött „felesleges” víz a pórusvíz, amely a cementkő pórusaiban (pórus-rendszerében) helyezkedik el, folyékony állapotban.

Az elgőzölhető víz (pórusvíz) a hidratálatlan cementklinker szemek hidratációjához szükséges víz forrása. A pórusvíz összetétele időről időre változik, és egyensúlyban van a hidrattermékek, a hidratálatlan cementklinker szemek, a kiegészítőanyagok és az adalékanyagyszemek vízzoldható részeivel.

Ajánlott irodalom például: Talabér (1966), Czernin (1977)

Lásd még: Szabad víz, Kapilláris víz, Gélvíz, El nem gőzölhető víz, Cementkőben lévő víz

El nem gőzölhető víz

Az el nem gőzölhető vizet a pórusmentes szilárd anyag alkotó elemének tekintjük.

Nevezik kémiaiilag (szerkezetileg) kötött víznek is, bár a cementkőből el nem gőzölhető víz mennyisége valamivel kevesebb, mint a kémiaiilag kötött víz mennyisége, amely a cement mennyiségének általában legalább mintegy 15-18 tömeg%-a.

Az el nem gőzölhető víz a hidratáció során épül be a cementkőbe, és a hagyományos 105-110 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítás során az elgőzölhető víz távozása után a cementkőben marad. Általában az 1000 °C hőmérsékleten meghatározott izzítási tömegvesztéssel fejezik ki, a szén-dioxid tartalom figyelembevételével.

Ajánlott irodalom például: *Talabér* (1966), *Czernin* (1977)

Lásd még: Elgőzölhető víz, Cementkőben lévő víz, Gélvíz, Kémiaiilag kötött víz

Elméleti kúszási tényező

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.4. szakasza szerint a kúszási tényezőnek a kúszás nem lineáris jellegét figyelembe vevő végértéke, ha a tartós nyomófeszültség a megterhelés t_0 időpontjában a $0,45 \times f_{cm,cyl}$ értéket meghaladja.

Jele: $\varphi_{nl}(\infty, t_0)$, $\varphi_k(\infty, t_0)$.

Megjegyzés: Elméleti kúszási tényezőnek nevezik az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány B1. szakaszának (1) bekezdésében a φ_0 kúszási tényezőt is.

Elméleti vastagság

Lásd: Hatásos vastagság

Előfeszített vasbeton

Az előfeszített vasbetonszerkezeti elemek esetén – szemben az utófeszítetttel – a feszítő elemeket a beton szilárdulása előtt feszítik meg.

Lásd még: Feszített vasbeton

Előíró

A friss és megszilárdult beton műszaki feltételeit meghatározó személy vagy szervezet.

Előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbeton

Az előregyártott ⁶⁴ beton, vasbeton, feszített vasbetonelemek és termékek nem monolit szerkezeti elemként a létesítmény helyén zsaluzat között készülnek és szilárdulnak, hanem működési helyükre szilárd vagy bizonyos mértékben megszilárdult állapotban kerülnek.

A telepített betonelemgyári körülmények között előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbetonelemek kereskedelmi forgalomba kerülnek, piaci termékek; szemben az építéshelyen készített előregyártott elemekkel, amelyek az építéshelyről ki nem kerülvén, piaci termékeknek

⁶⁴ Megjegyezzük, hogy a magyar helyesírás szabályainak tizenegyedik, 1984. évi kiadása szerint az „előre” szót igekötőként irányt jelölve az igével egybe, míg határozószóként időt jelölve az „előre” szót és a bővítményt külön kellett írni. Ezt a szabályt a magyar helyesírás szabályainak tizenkettedik, 2015. évi kiadásában is megtartották, de az „előregyártott” kifejezést már egy szóba írták (lásd az 2015. évi magyar helyesírás szabályainak 231. oldalát). Ez a magyarázata annak, hogy a 2015 előtt bevezetett európai szabványok magyar címében és ha lefordították, akkor a szövegében, valamint az ebben az időszakban kiadott magyar nemzeti szabványokban az „előre gyártott beton”, illetve elem kifejezést használták, míg az 2015 után kiadott szabványokban már az „előregyártott beton”, illetve „előregyártott elem” kifejezés szerepel (lásd az MSZ EN 13369 szabvány 2013. és 2018. évi változatát). A gyakorlatban ettől függetlenül általában mindig, a széleskörben, régóta elterjedt szóhasználatához igazodva, az „előregyártott beton”, „előregyártott elem” írásformát használtuk.

nem nevezhetők.

Az előregyártott betonelemek (beton, vasbeton és feszített vasbetonelemeket és ezeken belül termékeket értve alatta) általános szabályaival, nevezetesen a tulajdonságokkal, a követelményekkel, a vizsgálati módokkal és a megfelelés-igazolással az MSZ EN 13369:2013 (visszavont) és MSZ EN 13369:2024 szabvány foglalkozik. Érvénye a normál betonból, könnyű- és nehézbetonból, a mechanikai tulajdonságokat nem befolyásoló⁶⁵ acél, polimer vagy egyéb szálakat tartalmazó szálerősítésű betonból készített előregyártott betonelemekre egyaránt kiterjed, de a nagyhézagterfogatú könnyűbetonból előregyártott betontermékek nem tartoznak az érvénye alá.

A bevezetés szerint a szabvány az előregyártott betonelemek nagy részére vonatkozik, illetve vonatkoztatási alapja lehet további, előregyártott betontermékekkel foglalkozó szabványoknak, ezzel csökkentve, de nem tiltva az eltéréseket. Az MSZ EN 13369:2013 és az MSZ EN 13369:2024 szabvány nem harmonizált szabvány, nincs ZA melléklete, ezért e szabvány alapján nem szabad az előregyártott betontermékeket CE-jellel ellátni.

Az MSZ EN 13369:2013 szabványt az adatlap szerint 2021. április 30-án visszavonták. Mint helyettesítő szabvány 2018. szeptember 1-jén érvénybe lépett az MSZ EN 13369:2024 szabvány, amelynek az adatlapján az MSZ EN 13369:2013 szabványt helyettesített szabványként jelölték meg. 2021. április 30-ig tehát két MSZ EN 13369 szabvány volt érvényben.

Az MSZ EN 13369:2024 szabvány alapján elvárható, hogy az előregyártott vasbetonelemek legalább C20/25, az előregyártott feszített vasbetonelemek legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból készüljenek. Hazai gyakorlatban az előfeszített vasbeton szerkezeti elemeket sok esetben C30/37 nyomószilárdsági osztályúnál nagyobb fokozatú betonból tervezik meg.

Fontos kiemelni, hogy az MSZ EN 13369:2024 szabványban az előregyártott betonelemek betonpróbatestjeinek közvetlen vagy közvetett módon meghatározott nyomószilárdságát az előregyártott betonelemek közvetlenül vagy közvetetten meghatározott nyomószilárdságaként jelölik meg.

A szabvány 4.2.2. szakasza értelmében

- *közvetlen* nyomószilárdság vagy az előregyártott termék végtermékéből az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány szerint kifűrt és vizsgált magminta próbahengereken meghatározott nyomószilárdság, vagy az előregyártott termék végtermékéből kivágott próbakockákon mért, a 150 mm élhosszúságú próbakocka vagy a Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára átszámított nyomószilárdság. A végterméken az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerint végzett *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat eredménye is közvetlen nyomószilárdságnak minősül, ha a vizsgálat megfelel az MSZ EN 12390-3 szabvány szerinti feltételeinek.
- *közvetett módon meghatározott* nyomószilárdság a laboratóriumi sablonban az előregyártott betonelem betonjával azonos betonból készített, az előregyártott betonelemmel azonos módon utókezelt és tárolt, a kiszáradástól azonos módon védett

⁶⁵ Szabványadta magyarázat hiányában ez a feltétel nehezen értelmezhető, hiszen az erősítő szálak adagolásának célja éppen a beton mechanikai tulajdonságainak megváltoztatása, nevezetesen az állékonyság javítása, a szívósság, a fáradási szilárdság, az ütőmunkabírás, a repedésáthidalóképesség növelése, a repedésérzékenység csökkentése. A szabványalkotó megjegyzésével valószínűleg a beton, illetve a felhasználásával készült szerkezeti elem mechanikai tulajdonságait – anyagminőségéből, méretéből, alakjából, szilárdságából, rugalmassági modulusából, keveréstűréséből kifolyólag – kedvezőtlenül befolyásoló szálak alkalmazását kívánta megtiltani. Ugyanakkor a szabványban nem szólnak arról, hogy szálak hatékony működése a szilárd betonban a beton összetételétől, keverésmódjától, keverési idejétől, bedolgozási módjától, tömörítési idejétől is jelentős mértékben függ. E tárgyban *Czoboly Olivér* (2016) végzett kísérleteket. A mechanikai tulajdonságokról ennek a könyvnek ebben a fejezetében alább lehet olvasni.

próbatestek nyomószilárdsága; feltéve, hogy a közvetett és a közvetlen nyomószilárdság közötti összefüggést típusvizsgálattal (előkísérlettel) igazolták. Az összefüggés léte a testsűrűségek összevetésével vizsgálható. A közvetett nyomószilárdságot próbatesteken azon folyamatos előregyártási folyamatok esetén szabad meghatározni, amelyek alatt a betonösszetétel és az utókezelés változatlan marad.

- Megjegyezzük, hogyha következtetések akarunk lenni, akkor a nyomószilárdsági osztály MSZ 4798:2016 szabvány szerinti fogalom-meghatározásából kifolyólag az előregyártott elemek és termékek betonjának nyomószilárdsági osztálya az MSZ EN 13369:2013 (visszavont) és az MSZ EN 13369:2024 szabvány szerinti *közvetlen* vagy *közvetett* módon nyert nyomószilárdság vizsgálati eredményekből – az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti „szabványostól” eltérő feltételek következtében – nem határozható meg.

Az 1956. évi Közüti Hídszabályzat (KPM Sz. HI/I-56 R) K) fejezete szerint az előregyártott beton elemekhez legalább B 140, a helyszínen előregyártott vasbetonelemekhez általában B 280, a gyárilag készített vasbetonelemekhez (termékekhez) általában B 400 minőségű betont kellett előírni. Az alépítmény és a korlát helyszínen előregyártott vasbetonelemeinél B 200, a gyárilag előregyártott elemeinél B 280 minőségű beton is előírható volt. Helyszínen előregyártott elemeknél B 400 vagy annál jobb, gyárilag előregyártott elemeknél B 560 vagy annál jobb minőségű beton csak a KPM engedélyével volt előírható.

Annak idején az előregyártott elemekkel együttműködőnek számított, helyszínen készített szerkezetek betonjának megkívánt 28 napos kockaszilárdsága nem lehetett kisebb, mint a csatlakozó előregyártott elem kockaszilárdságának 0,7-szerese. A kapcsolatokban alkalmazott, helyszínen készített beton előírt kockaszilárdsága pedig nem lehetett nagyobb, mint az előregyártott elem kockaszilárdságának 1,5-szerese.

Az előregyártásban szerzett több évtizedes tapasztalatait Kiss Zoltán⁶⁶ 2024-ben, a román nyelven írt „Előregyártott vasbeton szerkezetek. Ajánlások a vázszerkezetek konstruktív tervezéséhez és méretezéséhez” című könyvében foglalta össze (Kiss Z., 2024). A könyvet a Plan 31 Mérnök Kft. munkatársai fordították magyar nyelvre. E könyv bevezetésében olvashatjuk, hogy az előregyártott vasbeton szerkezeteket az építéshelyen készült monolit szerkezetektől leginkább az illesztések különböztetik meg, amelyek a szerkezet dinamikus oldalirányú terhelések alatti viselkedését meghatározzák. A szerkezet szeizmikus és más természeti mozgásokkal szembeni ellenállása és tartóssága a szabályokon és a gyakorlati tapasztalatokon túl elsősorban a tervezést és a megvalósítást vezérlő „felelősségtudattól”, és nem a kivitelezés módjától függ. Minthogy az előregyártott vasbetonszerkezetek oldalirányú igénybevételi viselkedését az illesztések kialakításának és megvalósításának módja határozza meg, a Szerző az illesztési módokat külön fejezetben tárgyalja.

Lásd még: Beton; Betontermék; Feszített vasbeton; Nyomószilárdsági osztály; Próbatestek „szabványos” tárolása; Előregyártott betonelem, vasbetonelem betonjának nyomószilárdsága

Előregyártott betonelem, vasbetonelem betonjának nyomószilárdsága

Angolul: structural strength, németül: Betonteilfestigkeit

Az előregyártott beton- és vasbetonelemek általános előírásainak MSZ EN 13369:2024 szabványában a következő szilárdsági fogalmakat használják:

- 3.5.1. szakasz: a potenciális nyomószilárdság (potential strength, potentielle Festigkeit) a beton laboratóriumi körülmények között, az MSZ EN 12390-2 szabvány szerint

⁶⁶ Prof. emeritus Dr. Kiss Zoltán okl. építőmérnök, Kolozsvári Műszaki Egyetem, a kolozsvári Plan 31 Ro SRL mérnökiroda ügyvezető igazgatója.

készített és utókezelt próbakockákon vagy próbahengereken – a beton 28 napos korában, vagy attól eltérő időpontban – meghatározott nyomószilárdsága;

- 3.5.2. szakasz: az előregyártott elem betonjának nyomószilárdsága (structural strength, Bauteilfestigkeit):
 - vagy az előregyártott elemből fűrt próbahengerek vagy kivágott próbakockák (az angol szöveg szerint hasábok: cut prism; a német szerint: herausgeschnittene Würfel) beton-nyomószilárdsága (*közvetlenül* meghatározott nyomószilárdság → direkt structural strength, direkt ermittelte Bauteilfestigkeit),
 - vagy az előregyártott elem környezeti körülményeivel azonos módon utókezelt, a kiszáradástól azonos módon védett próbatestek beton-nyomószilárdsága (*közvetetten* meghatározott nyomószilárdság → indirekt structural strength, indirekt ermittelte Bauteilfestigkeit),
 - az előregyártott elem betonjának nyomószilárdsága egyenlő a potenciális nyomószilárdság $\eta = 0,85$ tényezővel szorzott értékével (a szabvány 4.2.2.2.5. szakasza).
- 3.5.3. szakasz: a jellemző szilárdság – értsd alatta a betonszilárdság jellemző értékét – (characteristic strength, charakteristische Festigkeit) a szilárdság 5%-os alulmaradási hányadhoz (értékhez, valószínűségi szinthez, küszöbértékhez) tartozó értéke.

Lásd még: Építménybeton nyomószilárdsága; Előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbeton

Elsődleges energiaigény

Az 1099/2008/EK rendelet szerint az elsődleges energiaigény a közvetlenül, természetes állapotukban felhasználható energiaforrások, – mint például a szén, olaj, földgáz, biomassza, napenergia, szél- vagy nukleáris energia – iránti energiaigény. Elsődleges energiaigénye van például a cementgyártásnak, betongyártásnak stb.

Mértékegysége: MJ/m³; az elsődleges energiafogyasztás jele: PE; az összes elsődleges energiaigény jele: PE_t

Lásd még: Öko-beton

Eltarthatóság

Lásd: Friss beton eltarthatósága, Műgyanták eltarthatósága, Fazékidő

Emelkedő, emelkedés, lejtő, lejtés, meredekség

A betonutak és más betonfelületek emelkedését, illetve lejtését az emelkedő, illetve lejtő magassága és alaphossza hányadosának százszorosával, százalékban fejezik ki. Az emelkedő, illetve lejtő magasságának és alaphosszának hányadosa az emelkedő, illetve lejtő hajlásszögének tangense. Ha például egy betonút 100 méter alaphosszon 10 métert emelkedik, illetve lejt, akkor az út emelkedése, illetve lejtése 10%, és az út hajlásszöge $\arctg(10/100) = 5,71^\circ$.

A betonutak és más szabadban lévő betonfelületek fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági környezeti osztályba sorolásakor az 5%-os emelkedést, illetve lejtést tekintik határértéknek. Az 5%-os emelkedésű, illetve lejtésű út hajlásszöge $\arctg(5/100) \sim 2,86^\circ$.

Lásd még: Iránytangens

Emulzió és emulgátor

Az emulziók diszperz rendszerek, amelyek

- vagy két nem, vagy csak részben elegyedő folyadékból állnak,
- vagy két fázisból állnak, amelyek közül az egyik a másikban finom cseppek formájában eloszlik.

Az emulzió mesterséges létrehozásához egy folyadékot egy másik folyadékba kell eloszlatni. Az eloszlatás után a részecskék labilis állapotban vannak, és gyorsan, az emulzióállapot megszűnésével összefolynak. Ahhoz, hogy a rendszer hosszabb ideig stabilis maradjon, olyan anyagokat kell alkalmazni, amelyek akadályozzák a szételegyedést. Ezeket az anyagokat *emulgátornak* nevezik. (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981)

A technikailag legfontosabb emulziók általában egyik fázisként vizet tartalmaznak. Az emulzió fogalmával általában tejszerű, zavaros folyadék képzetét kapcsolják össze, ami a természetben előforduló legfontosabb emulzióra, a tejre utal. A tej folyékony és szilárd, legtöbbször zsír jellegű alkotórészek emulziója vízben. (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981)

A technikai alkalmazásban az emulziók lehetővé teszik az anyagok eljuttatását olyan helyekre, amelyekhez azok az ellenkező hatású határfelületi feszültségek miatt tiszta formában nem jutnának el. Példa erre az útépitésben alkalmazott bitumenemulzió, vagy a bitumenemulzió tetőszigetelő anyag vagy bitumenemulziós cementesztrich készítéséhez, vagy a kátránypapír gyártáshoz szükséges kátrányemulzió stb. (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981)

A betonszerkezetek korrózióvédelme és károsodásának helyreállítása szempontjából nagy jelentősége van a polimerek emulziós polimerizációjának; az ipari polimerdiszperziók több mint 90 százalékát emulziós polimerizációval gyártják. Ennek során a monomerek felületaktív emulgátorral és/vagy védőkolloiddal stabilizált vizes emulzióját gerjesztőszer (iniciátor) adagolása mellett melegen polimerizálják. Az ipari emulziós polimerizációhoz használt főbb monomerek a butadién, sztirol, vinil-acetát, (met)akril-észter és az akrilnitril, amelyek a diszperziós filmek anyagtulajdonságait, mint például az üvegesedési hőmérsékletet, vízfelvételt, rugalmasságot stb. meghatározzák. A reaktív monomerek, amelyek a polimerbe való beépítés után is tartalmaznak rejtett (latens) reaktív csoportot (ilyen például a glicidil-metakrilát vagy az N-metilol(met)akrilamid), a filmképzés után hálózatot építenek ki a különböző részecskék és polimer molekulák között. (Raupach et al., 2008)

Gyakran azokat a rendszereket is emulzióknak nevezik, amelyekben szilárd anyag van folyadékban finoman eloszlatott formában, noha szigorúan véve ilyenkor szuszpenzióról van szó (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981). Ennek talán az lehet az oka, hogy sokszor a szuszpenzió folyadékfázisa maga emulzió.

Lásd még: Diszperzió, Szuszpenzió

Equivalens tömeg

A sók vízben ionokra disszociálnak. Az „equivalens” tömeg azt a grammal kifejezett monovalens H^+ tömeget jelenti, amellyel az adott iont helyettesíteni lehet. Az equivalens tömeg (Eq) iontöltésre vonatkoztatott fajlagos értékének jele: val (valencia). A monovalens (egy kötőhelyes, illetve egy vegyértékű vagy egyértékű, azaz egy iontöltésszámú) ionok, (például Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$) esetén 1 equivalens azonos az ion grammal kifejezett tömegével, így például Na^+ esetén $val_{Na} = 23,0/1,0 = 23,0$; míg a divalens (két kötőhelyes, illetve két vegyértékű vagy kétértékű, azaz két iontöltésszámú) ionok (például Ca^{2+} , Mg^{2+}) esetén 1 equivalens egyenlő az ion grammal kifejezett tömegének a felével, így például Ca^{2+} esetén $val_{Ca} = 40,1/2,0 = 20,05$. Jele: val = Eq/iontöltés = iontömeg/iontöltés, ezredrésze a mval = mEq/iontöltés (milliequivalens/iontöltés).

Ionizált anyagok koncentrációját vagy mmol/literben adják meg, vagy az ionizációt figyelembe véve mval/liter értékben. Az angol szakirodalom a milliequivalens/liter elnevezést használja,

rövidítése mEq/liter; az SI-ben nem használatos sem a mval, sem a mEq mértékegység. Egyértékű ionok esetében a mmol/literben megadott koncentrációk számszerűen megegyeznek a mval/literben megadott koncentrációkkal (mmol/liter = mval/liter). Kétértékű ionok esetében a mmol/liter értéket a töltések számával (a példákban kettővel) kell megszorozni a mval/liter érték megadásához (mmol/liter = 2 mval/liter).

Ernyedés, relaxáció

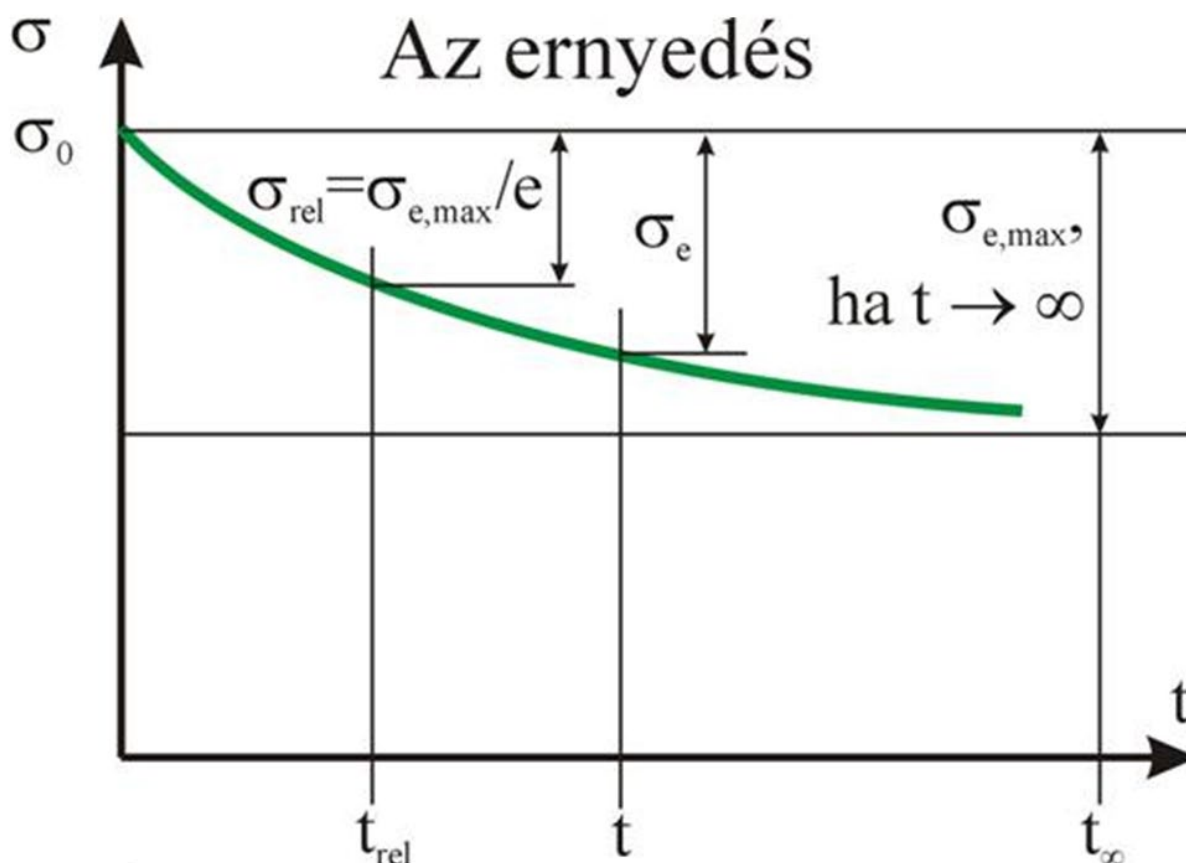
Az ernyedés, latin eredetű szóval a relaxáció tulajdonképpen a kúszás inverze, „megfordítottja”. Az ernyedés azt a feszültség csökkenést jelenti, amely az alakváltozás állandó értéken tartásához szükséges. Az ernyedés tehát a kezdeti feszültség időbeni csökkenése állandó alaphosszon, más szóval időben csökkenő tartós feszültségváltozás. Jele: σ_e .

Az előfeszített vasbetontartók feszítőacéljainak az előfeszítés után elért megnyúlása a betonhoz való tapadás folytán állandó, az acélfeszültséget pedig hosszú idejű terhelés során a beton kúszása és zsugorodása némileg csökkenti; ernyedése tehát az előfeszítő feszítőacéloknak van (Leonhardt, 1980), (Geßner et al., 2017).

Lásd még: Ernyedési idő, Feszített vasbeton, Kúszás

Ernyedési idő, relaxációs idő

Azt az időt, amely alatt az ernyedés végértékének ($\sigma_{e,max}$, $\sigma_{rel,max}$) bizonyos hányada (σ_{rel} , $\sigma_{rel,t}$) bekövetkezik, ernyedési (relaxációs) időnek hívják (1.5.E6. ábra). Értéke igen nagy szám. Jele: t_{rel} .



1.5.E6. ábra: Az ernyedés diagramja

Lásd még: Ernyedés, Kúszás

Esővíz

„Az esővíz a légkörben bizonyos vegyi tulajdonságokat vesz fel. Ezek egy része természetes elválkozás, a másik része a légszennyezés következménye. A legszembetűnőbb elválkozás az esővíz savas jellege.

A levegő természetes szén-dioxid-tartalma miatt, az esővíz még légszennyezés nélkül is savas kémhatású; pH-értéke általában 5 és 6 között van, vagy akár kisebb is lehet. A természetes szén-dioxid (CO_2), illetve szénsav (H_2CO_3) mellett a levegő gyakran tartalmaz más, savas kémhatású, a szennyezésből eredő gázokat. A kőolaj és kőszén magas hőmérsékletű elégetésénél különböző nitrogénoxid molekulák kerülnek a levegőbe. Ezeket gyűjtőnevről NO_x elnevezéssel illetik. Ezekhez adódik még a kén-tartalmú energiahordozók elégetésekor felszabaduló kén-dioxid (SO_2), ami az esővízben kénsav (H_2SO_3) formájában oldódik. A nitrogén-oxid a vízzel salétromos savat (HNO_2) képez. A kénes- és salétromos sav a levegő oxigénjével egyesül és kénsavat (H_2SO_4), illetve salétromsavat (HNO_3) alkot. Erősen szennyezett levegőben az eső pH-értéke ezek miatt 4 alá is süllyedhet.” (Ország József munkáin alapuló tanulmány, 2011)

A betontechnológus számára az Ország József munkáin alapuló tanulmány további része is igen figyelemre méltó, annak előrebocsátásával, hogy amíg az esővíz és a beton kölcsönhatása az esővíz tárolása szempontjából gazdaságilag előny, a beton oldódásos korróziója szempontjából – például esőnek kitett betonfelületek, szennyvíz elvezető csatornák, szennyvíz tisztítómedencék esetén – hátrány: „A savas kémhatású esővíz a mészkőből épült műemlékeket erősen rongálja, de a fenyves erdők is megsínylik a behatását. Ezzel szemben a savas jelleg az esővíz felhasználás szempontjából nagy előnynek számít. Ha a begyűjtött esővíz nem lenne savas, felhasználás előtt vegyileg kezelni kellene.

A nap által desztillált esővíz, bár savas, ásványi sókat csak nyomokban tartalmaz. Ilyen formában háztartási használatra alkalmatlan. A betonanyagú földalatti esővíz tárolók betonfalából kioldott ásványi sók szükségesek a felhasznált víz jó biológiai tulajdonságához. A betontárolóban történő semlegesítés tulajdonképpen a kezelés első lépése. A betonanyagú esőtároló tulajdonképpen nem más, mint egy földalatti sziklás természetes víztároló üreg utánzata.

Az esővízben lévő szén-, salétrom- és kénsav a betonanyagú víztárolóban a betonból bázikus elemeket old ki. Ez a semlegesítési reakció kalcium, magnézium, nátrium- és káliumionok mellett hidrogén-karbonát, karbonát, szulfát és nitrátionokat juttat a vízbe. Az így feloldott ásványi sók több, mint 90 százaléka kalcium-hidrogén-karbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). A légszennyezésből származó nitrogén-oxidok nitrát- (NO_3^-), a kén-dioxid pedig, szulfátionok (SO_4^{2-}) formájában oldódnak be a vízbe. A nitrátionok kivételével a betonanyagú esővíztároló falaiból kioldott anyagok az egészségre ártalmatlanok, sőt jelenlétük hasznos. Az évek alatt végzett több száz elemzés folyamán a tárolt esővízben soha nem mértünk több mint 9 mg nitrátot literenként. Az érvényben lévő szabványok szerint az ivóvíz literenként 50 mg nitrátot (vagy 11,3 mg nitrát-nitrogént) tartalmazhat. Az esővíztárolókban mért értékek 3 és 5 mg/liter körül forognak.

Az esővíz ásványi só-tartalma a betonanyagú tárolóban történő semlegesítés következtében közepesen, 80 mg/liter értékre emelkedik. Ebből a mészkő kb. 30 mg/litert tesz ki. A tárolt víz tehát lágy marad. A helyesen épített esővíz-tárolókban az esővíz vegyileg semleges (pH-értéke 6,5 és 8,5 között van) és 50-80 mg oldott ásványi anyagot tartalmaz literenként. A 10 mg/liter alatti ásványi anyag tartalmú ivóvíz ásványi anyagban túl szegény, és hosszú távon károsíthatja az egészséget, a 200 mg/liter feletti már ásványi anyagban túl gazdag, bár egy egészséges szervezet még 800 mg/liter ásványi só-tartalmat is elbír.”

Az esővíz keménysége általában 2-3 nk°, tehát az esővíz nagyon lágy víz.

Lásd még: Savas eső

Esztrich

Az esztrich német eredetű szó: Estrich; alapjelentése: padlózat, padlókiegyenlítő, hézagmentes öntött padló.

Az esztrichek esztrichhabarcsból vagy esztrichbetonból készített padlóburkolati rétegek, amelyeket vagy közvetlenül a teherhordó aljzatra vagy egy közbenső elválasztó- (németül: Trennschicht) vagy szigetelőrétegre (németül: Dämmschicht) hordanak fel, és amelyeket kellő megszilárdulás után vagy azonnal használatba vesznek vagy burkolattal látnak el (*Wesche*, 1993).

Az MSZ EN 13318:2000 szabvány szerint az építéshelyen kötéssel vagy kötés nélkül közvetlenül a fogadó felületre vagy egy közbenső elválasztó- vagy szigetelőrétegre hordott esztrichhabarcsréteg alkalmazásának célja a padó rétegmagasságának kiegyenlítése és/vagy padlóburkolati réteg hordozása vagy járófelület kialakítása.

A hazai esztrichpadozatok (esztrichpadlórétegek) tervezéséhez, kivitelezéséhez és minőségi követelményeihez a Esztrich és Ipari Padló Egyesület és a Burkolástechnika Egyesület kiadásában megjelent Padló MI 01:2015 műszaki irányelv tartalmaz útmutatásokat. E műszaki irányelv megfogalmazása szerint az esztrich olyan egy vagy több rétegű habarcs, amelyet építéshelyszínen dolgoznak be, közvetlenül a lényegében vízszintes vagy lejtésben lévő fogadó felületre, vagy egy közbenső rétegre, vagy szigetelőrétegre azért, hogy meghatározott padlószintet érjenek el, vagy fogadoréteggént szolgáljon a padlóburkolathoz, vagy kopóréteggént szolgáljon.

A Padló MI 01:2015 műszaki irányelv a cementesztrich, a polimerrel módosított kötésű cementesztrich, a bitumen emulziós cementesztrich, a magnezitesztrich, a kalcium-szulfatesztrich, a műgyantaesztrich, az öntöttaszfaltesztrich, a kemény adalékanyag esztrich, a könnyűesztrich tulajdonságait tárgyalja. Szerkezeti szempontból az esztrich lehet: monolitesztrich-, tapadóesztrich, nem tapadó esztrich, úsztatott esztrich, csúszó esztrich, előregyártott esztrichelem, vasalt esztrich, fűtött esztrich stb.

Az esztricheket 3 db 40×40×160 mm méretű hasáb hajlítóvizsgálatát követően maradt 6 db félhasáb 40×40 mm felületen mért nyomószilárdságának átlaga alapján kell az MSZ EN 13892-2:2003 szabvány szerint nyomószilárdsági osztályba sorolni.

Az esztricheket hajlító-húzószilárdsági osztályba az MSZ EN 13892-2:2003, *Böhme*-féle kopásállósági osztályba az MSZ EN 13892-3:2015, *BCA*⁶⁷ kopásállósági osztályba az MSZ EN 13892-4:2003, *RWA*⁶⁸ görgősszékállósági osztályba az MSZ EN 13892-5:2003 szabvány szerint kell sorolni. A műgyantaesztrichek tapadó-húzószilárdsági osztályba sorolásának alapja az MSZ EN 13892-8:2003 szabvány szerint végzett vizsgálat eredménye.

Németországban az esztrichek tulajdonságait és az esztrichekre vonatkozó követelményeket a DIN 18560 szabványsorozatban tárgyalják. Ennem első tagjában, a DIN 18560-1:2015 szabványban írják: Az esztrichrétegek vastagsága, testsűrűsége és mechanikai tulajdonságai a lehető legegyszerűsebbek legyenek, és felülete feleljen meg a DIN 18202:2013 szabvány

⁶⁷ Az angliai eredetű *BCA* (British Cement Association) kopásállósági vizsgálat során három edzett acélkerék mozog a 225 mm átmérőjű vizsgálati pályán 650 N terheléssel, 180 fordulat/perc sebességgel, 2850±10 összfordulattal. A kopási mélységet mélységmérő segítségével egymástól 45 fokos szögben fekvő nyolc pontban mérik meg, és ebből számítják ki és adják meg mikronban az átlagos kopási mélységet. (British Cement Association. 2004. Concrete for industrial floors. *BCA*. Camberley, Surrey. U.K.), (*Breit et al.*, 2015)

⁶⁸ Az *RWA* (Rolling Wheel Abrasion) kopásállósági vizsgálat során a legalább 500 mm élhosszúságú és 50 mm vastag esztrich mintát 700×800 mm méretű vizsgáló asztalon koptatja a 2000 N terhelésű, tömött, edzett acélból készült kerék. A vizsgáló asztal és a koptató kerék egymásra merőlegesen, eltérő frekvenciával mozog, aminek következtében az esztrich mintában csúsztató feszültségek (*Schubspannung*) és nyírófeszültségek (*Scherspannung*) ébrednek. A vizsgálat 10000 ciklusból áll. A vizsgálati eredmény a három próbatest öt ponton mért kopási mélységének átlagértéke. (*Breit et al.*, 2015)

szerinti magasépítési tűréseknek. A magnézia-, műgyanta- és cementesztrichre vonatkozó kopásállósági követelmények a szilárdsági osztályokhoz igazodjanak. Az összetevőkből és a készítésből eredő szín- és szöveti eltérések a felületen megengedettek. A friss esztrichréteg újabb réteg fogadására akkor alkalmas (németül: Belegreif), ha a névleges szilárdságot és az egyensúlyi nedvességtartalmat elérte.

A Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. cementesztrichekkel foglalkozó műszaki útmutatója (*Zement-Merkblatt* B 19, 2016) a német esztrich szabványok összefoglalójának tekinthető.

Az esztrichek szokásos vastagsága 40-50 mm, fűtött esztrichek esetén mintegy 60 mm, nagyobb terhelések esetén általában legfeljebb 80 mm (*Springenschmid*, 2007).

A cementesztrichek zsugorodási repedezettségének elkerülése érdekében az esztrichtáblák mérete ne legyen 0,8-1,0 méternél több, vastagsága legyen egyenletes, a keverék víz-cement tényezője legyen alacsony, hőmérséklete ne essen távol a fogadó felület hőmérsékletétől, a beépítés utáni napokban elkerülendő a vastagságbeli egyenlőtlen felmelegedés, ne érje napsugárzás. A készítés napján a cementesztrichet nem szabad utókezelti vagy fóliával letakarni, mert az duzzadásra és káros korai feszültségek ébredésére vezet, azonban a környező levegő páratartalma legalább 85% legyen (*Springenschmid*, 2007).

Ettringit, triszulfát

Kalcium-aluminát-triszulfát ($6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O} = \text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$). Hidratációs termék, amely például a trikalcium-aluminát (felit) és a kalcium-szulfát reakciójaképpen alakul ki.

A hidratáció során keletkező ettringitet *elsődleges ettringitnek*, a külső szulfát-hatásra a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből (egyik trikalcium-aluminát-hidrát fázis) keletkező ettringitet *másodlagos ettringitnek* (kalcium-szulfoaluminát-hidrát, triszulfát, $6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) nevezzük (*Krenkler*, 1980), (*Benedix*, 2008). Az elsődleges ettringit a betonban nem káros. A másodlagos ettringit kristályosodása során a térfogatát mintegy 2,5-szeresére növeli, és a betont szétrepeszti. Ez a szulfátkorrózió vagy szulfátduzzadás jelensége. Az ettringit ritkán a természetben is előfordul, a természetben *Lehmann* fedezte fel a német Laacher tó vidéki bazaltlávának, az Ettringen város mellett fekvő Bellerberg hegy – németül: Ettringer Bellerberg – üregeiben víztiszta, hatszöges rendszerbeli tűs kristályokban⁶⁹

Lásd még: Ferrocement

Európai értékelési dokumentum

Az „európai értékelési dokumentum” (EAD) az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének megfogalmazásában a műszaki értékelést végző szervek (TAB) európai szervezete által – valamely gyártó kérelmére – az európai műszaki értékelés kiadása céljából elfogadott dokumentum. A 305/2011/EU számú rendelet 19. cikk (1) bekezdése szerint a műszaki értékelést végző szervek szervezete európai értékelési dokumentumot olyan építési termék esetén dolgoz ki és fogad el, amely nem vagy nem teljes mértékben képezi harmonizált szabvány tárgyát, és amelynek minőségét (teljesítményét) alapvető jellemzőinek tekintetében nem lehet teljes mértékben valamely meglévő harmonizált szabvány alapján értékelni. Az olyan

⁶⁹ Az ettringit ásvány felfedezéséről *Johannes Lehmann* (1851-1925) német mineralógus 1874-ben számolt be „Über den Ettringit, ein neues Mineral in Kalkeinschlüssen der Lava von Ettringen (Laacher Gebiet)” című tanulmányában (megjelent: Neues Jahrbuch für Mineralogie. Geol. Paläont. 6, pp. 273-275.). Az ettringitet *Candlot* és *Michaelis* azonosította 1890-ben trikalcium-aluminát-triszulfát-hidrát ásványként (*Eick* 1964, *Bollmann* 2000). Ismert előfordulási helyeinek száma világszerte mintegy 60, előfordul például Belgiumban, Németországban, Franciaországban, Ausztriában, Dél-Afrikában, az USA-ban.

építési termék minőségéről (teljesítményéről), amelyet harmonizált szabvány nem vagy nem teljeskörűen szabályoz, a gyártó az európai műszaki értékelés alapján nyilatkozik.

Az európai értékelési dokumentum, illetve európai műszaki értékelés – a harmonizált szabvány mellett – a harmonizált műszaki előírások alfaja.

Európai műszaki engedély

Az ETA (European Technical Approval, újabban European Technical Assessment; Europäische Technische Zulassung) európai műszaki engedély (újabban európai műszaki értékelés) az építési termék alkalmazhatóságát igazoló okirat, amelyet vizsgálatok, kísérletek eredményei és a kijelölt tanúsító szervezet értékelése alapján adtak ki olyan termékekre, amelyeknek nem volt harmonizált szabványa, vagy tulajdonságaik a harmonizált szabványtól eltértek. A termék használhatóságának az értékelését vagy az európai műszaki engedély útmutatója (ETAG) szerint – amelyet a műszaki engedélyeknek a termék vonatkozásában illetékes európai szervezete (EOTA, European Organization for Technical Approvals) adott ki –, vagy más EOTA-k értékelési feltételei szerint végezték. Az európai műszaki engedély feljogosítja a gyártót, hogy a terméket CE-jellel lássa el.

Az európai műszaki engedély (ETA) szerepét az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének értelmében 2013. július 1. óta az európai műszaki értékelés tölti be. A 2013. június 30-ig kibocsátott ETA-k (úgynevezett európai engedélyek) érvénye 2018-ban megszűnik. 2013. július 1-jétől az ETA-k az elfogadott európai értékelési dokumentumokon (EAD-ken) vagy az EAD-ként használt ETAG-okon alapulnak. Az EAD-ként használt ETAG-ok alapján kiadott ETA-k továbbra is érvényesek az ETAG-ok EAD-okra váltása után.

Lásd még: Európai műszaki értékelés, Európai értékelési dokumentum

Európai műszaki értékelés

Az építési termék tulajdonságainak (teljesítményének) az alapvető jellemzői vonatkozásában a megfelelő európai értékelési dokumentummal összhangban végzett dokumentált értékelése (305/2011/EU rendelet)

Lásd még: Európai értékelési dokumentum, Európai műszaki engedély

Európai műszaki jelentés

Az európai műszaki jelentés tájékoztató kiadvány például egy felmérés eredményéről vagy valamely szakterület technikai állapotának adatairól.

Jele: CEN/TR (Technical Report)

Európai műszaki specifikáció

Az európai műszaki specifikáció olyan szabályozási ügyirat (dokumentum), amely az adott időpontban még nem rendelkezik az európai szabvánnyá váláshoz elegendő feltétellel, de belátható időn belül szabvánnyá válhat.

Jele: CEN/TS (Technical Specification)

Lásd még: Specifikáció

Európai szabvány

Lásd: Szabvány jellege

Eutektikum

Az eutektikum két összetevő (például vas és szén, vagy üveg és nátrium-oxid, vagy jég és olvasztó só) vagy több összetevő olyan elegye, keveréke, ötvözete, amelynek olvadáspontja

kisebb, mint az összetevők olvadáspontja. Kohászati értelemben fémötvözet olvadékból állandó és meghatározott hőmérsékleten kikristályosodó kétfázisú szövetelem. (*Verő*, 1940)

Lásd még: Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

EWMA minőségszabályozási kártya és minőségszabályozási módszer

EWMA-kártya → Exponenciálisan súlyozott mozgóátlag kártyája

Angolul: Exponentially weighted moving average chart

Németül: Karte des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwert

Az EWMA minőségszabályozási kártyát először *S. W. Roberts* (Bell Telephone Laboratories) alkalmazta 1959-ben. Az EWMA-kártya – hasonlóan a Cusum-kártyához – érzékeny a folyamatjellemzők kicsi és lassú változására, de jobban áttekinthető és könnyebben, sokrétűbben alkalmazható, mint a Cusum-kártya (*Rinne et al.*, 1995).

Az EWMA-kártyás minőségszabályozást az MSZ 4798:2016 szabvány nem tárgyalja.

Lásd még: *Shewhart* minőségszabályozási kártya és minőségszabályozási módszer; Cusum minőségszabályozási kártya és minőségszabályozási módszer

Exponenciális-eloszlás

Az exponenciális-eloszlás gyakoriságfüggvénye (sűrűségfüggvénye): $f(x) = \lambda \times e^{-\lambda \times x}$, eloszlásfüggvénye: $F(x) = 1 - e^{-\lambda \times x}$, ha $x > 0$ és a λ meghibásodási tényező (angolul: failure rate, németül: Ausfallrate) is $\lambda > 0$. Várható értéke és szórása egyaránt: $1/\lambda$. Általában olyan élettartamok követnek exponenciális-eloszlást, amelyekre az öregedés nem hat. (*Farkas et al.*, 1979), (*Hartung et al.*, 2009), (*Stange et al.*, 1966), (visszavont MI 17099:1972)

Az exponenciális-eloszlás a *Weibull*-eloszlás, illetve a gamma-eloszlás különleges (speciális) esete (*Rinne*, 2009).

Lásd még: *Weibull*-eloszlás

Extrahálás, extrakció

Latin eredetű kifejezés, extrahere = kivonás; a kémiában bizonyos alkotórészek szilárd- vagy folyadékelegyből alkalmas oldószerrel (extrahálószerrel) való kioldása, miközben az oldószer és az oldat között vegyi reakció nem megy végbe (*Neumüller* szerk., 1. kötet, 1981). Az extrakció nem csak laboratóriumi vagy ipari folyamat, hanem például *Czernin* (1977) könyvének 131. oldalán extrakciónak nevezi a szabad kalcium-hidroxid (portlandit, Ca(OH)_2) betonból való kioldódását, kilúgozódását is.

Extrémérték-eloszlás, extrémális-eloszlás

Az extrémérték-eloszlás vagy más szóval extrémális-eloszlás egy eloszláscsaládot leíró gyűjtőfogalom, amely azért figyelemre méltó, mert a műszaki tudományokban is elterjedten alkalmazott normális-eloszlással (*Gauss*-eloszlással) és *t*-eloszlással (*Student*-eloszlással) szemben az extrémérték-eloszlás általában nem – vagy csak kivételes esetekben, és akkor is csak közelítőleg – szimmetrikus, és ezért a tényleges valószínűségi előfordulások modellezésére széleskörben alkalmazható.⁷⁰

⁷⁰ Például:

- a visszavont DIN 1055-100:2001 szabványban a változó hatások jellemző (karakterisztikus) értékének fogalmát, amely ritkán fellépő értéknek felel meg, adott referencia-időszakra vonatkozóan az extrémérték-eloszlás 98%-os kvantiliseként határozták meg;
- az acél fáradási élettartamát az extrémérték-eloszláscsaládba tartozó *Weibull*-eloszlással szokás jellemezni (*Braml*, 2010);
- *Mistéth Endre* méretezéselmélete az extrémérték-eloszláson alapul (Lásd: *Weibull*-eloszlás).

Az extrémérték-eloszláscsalád tagjai az I. (*Gumbel-féle*), II. (*Fréchet-féle*) és III. (*Weibull-féle*) típusú extrémérték-eloszlás.

A matematikai statisztikában extrémérték-eloszláson a független és azonos eloszlású x_i valószínűségi változójú n elemű minták ($\mathbb{R}$ halmazok) nagyság szerint sorba rendezett mintaelemei szélsőértékeinek, azaz a minták legnagyobb (M_n) vagy legkisebb (m_n) értékeinek (vizsgálati adatainak), az úgy nevezett extrémértékeknek vagy kiugró értékeknek a valószínűségi eloszlását értik (*Rinne*, 1995), (*Murthy et al.*, 2004), (*Rinne*, 2008, 2009), (*Kabluchko*, 2015).

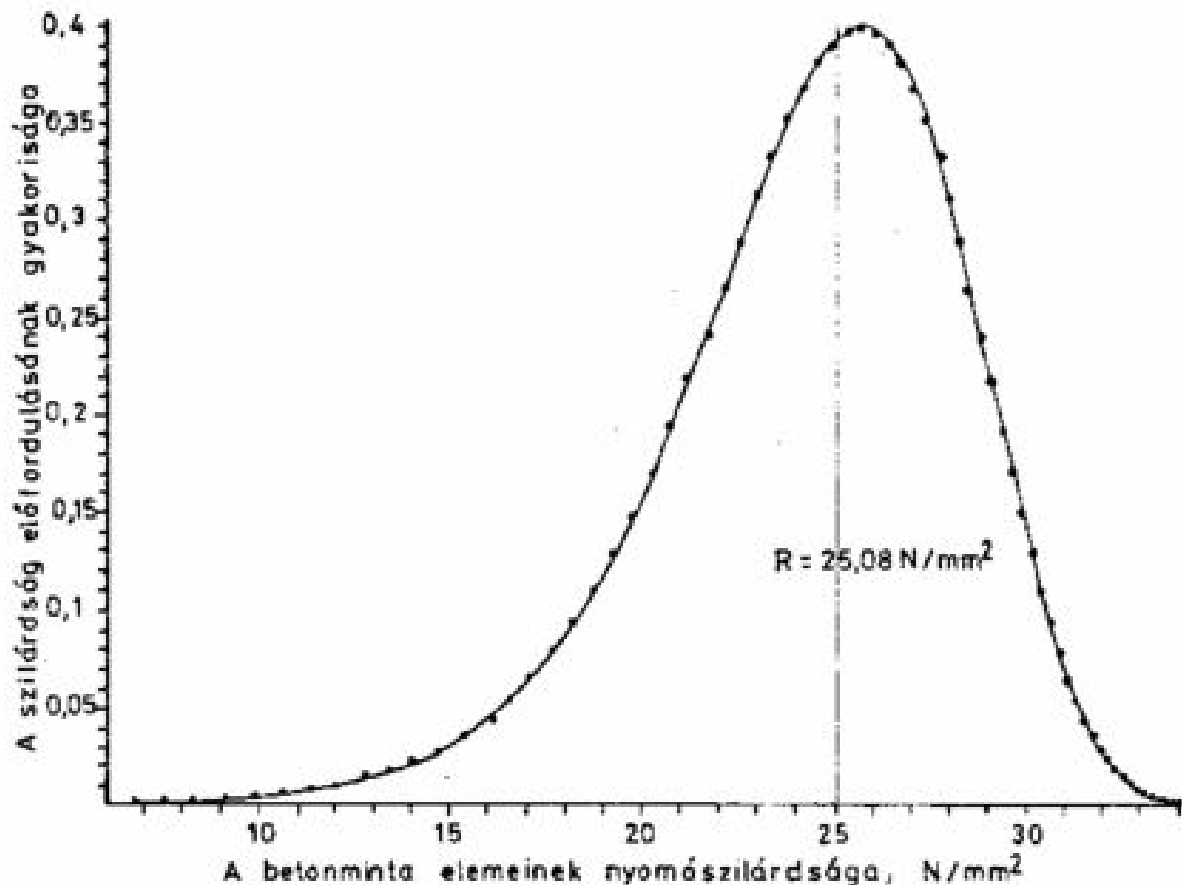
Más értelemben például a normális-eloszlás eloszlás esetén kiugró értékeknek azokat tekintik, amelyek a szórás háromszorosánál jobban eltérnek az átlagtól.

Az extrémérték-eloszlás nem csak a szélsőértékek, hanem a jellemző értékek (karakterisztikus értékek) valószínűségi eloszlásának leírására is alkalmas (*Rinne* 1995).

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode méretezési szabványban a meteorológiai hatásokat extrémérték-eloszlás feltételezésével vették figyelembe.

Az extrémális-eloszlás betontechnológiai szempontból azért érdemel figyelmet, mert *Mistéth Endre* (1974, 1977) nyomán *Ujhelyi János* (1978, 1985) szerint átlagos színvonalú betonkészítés esetén a nyomószilárdság valószínűségi eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B 50 – B 140, mai C16/20 alatti betonok) tartományában, vagy az erősen képlékeny konzisztencia esetén a jobbra ferde (jobbra elnyúló, pozitív ferdeségű) logaritmikusan normális-eloszlással közelíthető, míg a nagyobb szilárdságok tartományában (B 400 – B 560, mai C20/25 fölötti betonok), vagy földnedves konzisztencia esetén a balra ferde (balra elnyúló, negatív ferdeségű) második alsó extrémális-eloszlással (*1.5.E7. ábra*) közelíthető*. A közepes szilárdságok (B 200 – B 280, mai C16/20 – C20/25) tartományában normális lehet a nyomószilárdság eloszlása. Ezt az elvet a gyakorlatban a beton nyomószilárdsága jellemző értékének, illetve alulmaradási tágasságának kiszámításához a szilárdság eloszlásának ferdeségét figyelembe vevő k tényező $k = 0,54 + 0,1027 \times \sqrt{R_m}$ összefüggésének – amelyben R_m az átlagos nyomószilárdság N/mm^2 mértékegységben – alkalmazásával 1980 júliusa és 2004 augusztusa között az MSZ 4720-2:1980 szabvány érvénye idején követtük. A mai MSZ EN szabványokban a betonszilárdságok normális-eloszlását, tehát a szilárdságértékek szimmetrikus eloszlását tételezik fel.

*Megjegyzés: Az *Ujhelyi* (1978, 1985) említette „második alsó extrémális-eloszlás” alatt a III. típusú alsó *Weibull*-eloszlás értendő, ugyanis *Mistéth Endre* hivatkozott műveiben (1974, 1977, 2001) a *Weibull*-eloszlást II. típusú extrémérték-eloszlásként (extrémális-eloszlásként) tárgyalta, és a *Fréchet*-eloszlást nevezte III. típusú extrémális-eloszlásnak; és *Ujhelyi János* ezt a sorszámozást *Mistéth Endrétől* átvette. *Mistéth* (1974) idevágó mondata így szól: „Az alsó extrémumok eloszlásfüggvényei közül a II. típusú a leggyakoribb. A műszaki gyakorlatban még *Weibull*-eloszlás néven is ismert.”



1.5.E7. ábra: A „második” alsó extrémérték-eloszlású (értsd: a III. típusú alsó *Weibull*-eloszlású) beton sűrűségfüggvényének ábrája *Ujhelyi János* betontechnológiai jegyzetében (1985)

Az extrémérték-eloszlással (extremális-eloszlással) kapcsolatban érdekességként megjegyezzük, hogy

- a visszavont DIN 1055-100:2001 szabványban a változó hatások jellemző (karakterisztikus) értékének fogalmát, amely a ritkán fellépő értéknek felel meg, adott referencia-időszakra vonatkozóan az extrémérték-eloszlás 98%-os kvantiliseként határozták meg.
- az acél fáradási élettartamát a *Weibull*-eloszlással szokás jellemezni (*Braml*, 2010).

Az extrémérték-eloszlás tulajdonságait részletesen könyvünk 1.6.4. fejezetében elemezzük.

Lásd még: Általánosított extrémérték-eloszlás, Ferde eloszlás, Normális-eloszlás, Standardizálás, *Weibull*-eloszlás

Építési helyszín

A beton, vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet építésének helyszíne, az építési munkavégzés területe.

Építési termék

Építési termék minden olyan piaci forgalomba hozott gyártmány, amelyet valamely építménybe vagy annak részébe tartósan beépítenek oly módon, hogy tulajdonságai az építmény tulajdonságaira az építmény alapvető követelményei szempontjából kihatnak (*Springborn*, 2016).

Ugyanakkor a Magyar Értelmező Kéziszótár (*Juhász et al.*, 1972) szerint az áru az adás-vétel útján forgalomba kerülő termék, illetve mindaz, ami adás-vétel tárgya. Eszerint nem minden

termék kerül piaci forgalomba, azaz a termék tágabb fogalom, mint az áru. Ezért célszerű a piaci forgalomban értékesülő terméket (árut) piaci terméknek nevezni.

Lásd még: Betontermék

Építési termék rendelet

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú építési termék rendelete (amely a Tanács 89/106/EGK irányelvét hatályon kívül helyezte) az építési termékek forgalmazását, illetve ennek érdekében a forgalmazás harmonizált feltételeit szabályozza, és nem vonatkozik az építési termékek alkalmazására, amelynek szabályozása a CEN tagállamok illetékeségébe tartozik.

Építési termékek „alapvető” jellemzői, „lényeges” jellemzői

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete szerint az építési termékek alapvető jellemzői azok a termékjellemzők, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függenek össze. Az építési termékek alapvető jellemzőit a harmonizált műszaki előírások határozzák meg. Az építési termékek „alapvető” jellemzői feleljenek meg az „alapvető” követelményeknek.

Az építési termékek „alapvető” jellemzőit 2013. július 1. előtt „lényeges” jellemzőknek nevezték.

Építési termék bármely olyan termék vagy készlet, amelyet azért állítottak elő és hoztak forgalomba, hogy építményekbe vagy építmények részeibe állandó jelleggel beépítsék, és amelynek teljesítménye befolyásolja az építménynek az építményekkel kapcsolatos alapvető követelmények tekintetében nyújtott teljesítményét (305/2011/EU rend. I. fejezet 2. cikk 1. pont; 275/2013. (VII. 16.) Korm. rend. 2. § 7. pont).

Lásd még: Alapvető követelmények

Építmény

Az építmény az épület és műtárgy gyűjtőfogalma (Építési törvény).

Az építmény szerkezeteivel részben vagy egészben teret, helyiséget vagy ezek együttesét zárja körül.

Az építmény építési tevékenységgel létrehozott, illetve késztermékként az építési helyszínre szállított, – rendeltetésére, szerkezeti megoldására, anyagára, készülségi fokára és kiterjedésére tekintet nélkül – minden olyan helyhez kötött műszaki alkotás, amely a terepszint, a víz vagy az azok alatti talaj, illetve azok feletti légtér megváltoztatásával, beépítésével jön létre. (2012. évi CLVII. törvény)

Építménybeton

Az építménybeton az építménybe, szerkezetbe, szerkezeti elembe beépített szilárd beton megnevezése. Az építménybeton fogalmilag az építménybe transzportbetonként, monolit eljárással beépített, megszilárdult beton és a beépített előregyártott elemek betonjának összefoglaló megnevezése.

Az építménybeton szó a német DIN EN 13791:2020 szabványban használt „die Druckfestigkeit von Bauwerksbeton” (az építménybeton nyomószilárdsága) kifejezésben szereplő „Bauwerksbeton” szónak a szó szerinti megfelelője. Az építménybeton fogalma az angol nyelvű MSZ EN 13791:2019 szabványban az ott szereplő „in situ compressive strength” kifejezés folytán csak rejtetten jelenik meg.

Lásd még: Építménybeton nyomószilárdsága

Építménybeton nyomószilárdsága

Az MSZ EN 13791:2019 szabvány értelmezésében az „építménybeton” nyomószilárdságát kifűrt magmintákból kivágott próbahengerek (magminta-próbahengereken) vizsgálatával és/vagy roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálattal (Schmidt-kalapácsos vizsgálat, ultrahang terjedési sebességének mérése) lehet meghatározni.

Lásd még: Előregyártott betonelem, vasbetonelem betonjának nyomószilárdsága, Schmidt-kalapács, Ultrahang terjedési sebessége

Építőanyag-gyártási hulladék, építőanyag-gyártási selejt

Építőanyag-gyártás közben keletkező olyan hulladék – például friss vagy megszilárdult beton vagy habarcsos téglák – amely feldolgozva úgy nevezett „visszanyert” betonadalékanyagként újrahasznosítható.

Lásd még: Visszanyert, mosott adalékanyag; Visszanyert, tört adalékanyag; Újrahasznosított adalékanyag

Épület

Az épület jellemzően emberi tartózkodás céljára szolgáló építmény, amely szerkezeteivel részben vagy egészben teret, helyiséget vagy ezek együttesét zárja körül meghatározott rendeltetés vagy rendeltetésével összefüggő tevékenység, avagy rendszeres munkavégzés, illetve tárolás céljából.

Érintőmodulus

Az érintőmodulus valamely σ - ε görbe lineáris szakaszán kívül eső – például $\sigma/\sigma_t = 0,6$ relatív feszültséget ébresztő – terhelési értéket megelőző és követő teherből számítható feszültségek különbségének és ezekhez a feszültségekhez tartozó alakváltozások különbségének a hányadosa. Az érintőmodulus a rugalmassági modulus egyik fajtája. Jele: E_T

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány az E_0 kezdeti rugalmassági moduluszt nevezi E_c , $E_c(28)$, illetve $E_c(t)$ érintőmodulusnak, de érintőmodulus más ponthoz is húzható.

E_c , $E_c(28)$ a normál testsűrűségű beton érintőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél 28 napos korban és $E_c(t)$ a normál testsűrűségű beton érintőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél t napos korban

Az E_c érintőmoduluszt az $E_c = 1,05 \times E_{cm}$ értékre lehet felvenni, ahol E_{cm} a beton szelőmodulusa. Mértékegysége: N/mm² vagy MPa. Jele: E_c , $E_c(28)$, $E_c(t)$, E_T

Lásd még: Szelőmodulus

Fabeton, faforgácsbeton

A fabeton faapríték adalékanyaggal készülő cementkötésű könnyűbeton, amely kiváló hő- és hangszigetelőképeségű (Kovács I. et al., 2015).

Az MSZ 4798.2016 betonszabvány a fabetonra nem vonatkozik.

A fabeton testsűrűsége legfeljebb 1000 kg/m³, nyomószilárdsága legfeljebb mintegy 2 N/mm². A fabeton adalékanyagát, a faforgácsot a korhadástól, a gombák és rovarok hatásától, valamint a fában lévő káros anyagoktól védendően vegyi anyagokkal (például vízüveggel) vagy cementpéppel elő kell kezelni (Wesche, 1993).

A fabeton zsugorodása a faforgács testsűrűségétől függ, és nagyon magas, akár 6 mm/m körüli értéket is elérhet. Azon faforgácsbetonok esetén, amelyekből előregyártott elemeket készítenek, csak a lényegesen kisebb, korfüggő utózsugorodás van hatással a szerkezetre.

A fűrészelhető faforgácsbetonból általában nagyméretű homlokzati panelekhez és vasalt tetőpanelekhez gyártanak olyan bennmaradó zsaluzóelemeket (németül: verlorene Schalungssteine), amelyek üregeit betonnal töltik ki. Ezek acélbetéteit a korróziótól

korróziógátlószerrel kell megvédeni (*Wesche*, 1993). A Durisol-rendszerű zsaluzóelemek a nem-teherhordó bennmaradó faforgácsbeton zsaluzóelemek ismert fajtája.

A cement kötésű faforgács zsaluzóelemekkel az MSZ EN 15498:2008 szabvány foglalkozik.

Fagyvédelmi idő

Téli betonozás során azt az időt, amely a beton 5 N/mm^2 nyomószilárdságának eléréséig eltelik, „fagyvédelmi időnek” (németül: Schutzzeit, illetve Frostschutzzeit) nevezik, amely alatt törekedni kell arra, hogy a beton felületi hőmérséklete $+3 \text{ °C}$ alá ne essék. Ugyanis az egyszeri megfagyás a fiatal betonban akkor nem okoz károsodást, ha a beton nyomószilárdsága a megfagyás előtt legalább 5 N/mm^2 értéket elért (lásd az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 14.4.1 szakaszát és az újabb, az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány I mellékletének I.4.1 szakaszát, amelyben a hideg időben betonozás feltételeit tárgyalják).

Lásd még: Téli betonozás

Fajlagos alakváltozás

A test valamely hatásra (például terhelő erő, hőmérséklet, zsugorodás, kúszás stb.) bekövetkező méretváltozásának és eredeti méretének hányadosa. Például a fajlagos hosszváltozás a test hosszváltozásának és eredeti hosszúságának a hányadosa, a fajlagos térfogatváltozás a test térfogatváltozásának és eredeti térfogatának a hányadosa.

Nevezetlen szám, amelyet sokszor százalékban vagy ezrelékben fejeznek ki. Jele: ε , $\varepsilon\%$, $\varepsilon\text{‰}$

A fémek alakváltozásával *Rejtő Sándor* professzor kétkötetes műben foglalkozott (*Rejtő*, 1919 és 1924), ezek első kiadása 1915-ben jelent meg.

Fajlagos alakváltozás végértéke, kúszási határ

A t_0 időponttól működő $\sigma_{c,cyl}$ tartós feszültség hatására jelentkező fajlagos alakváltozás t_∞ időben számításba veendő értéke (kúszási határ). Jele: $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$

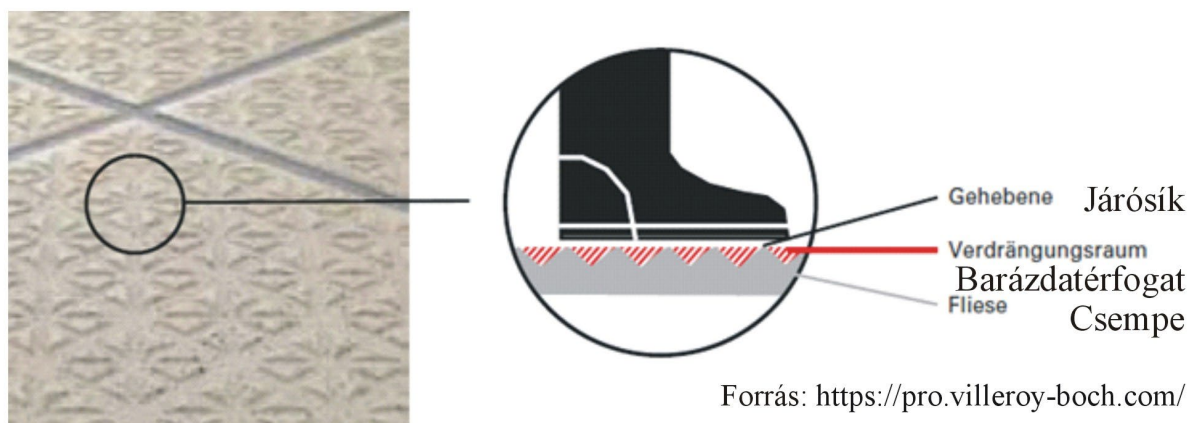
Lásd még: Kúszási határ

Fajlagos barázdaterfogat

A fajlagos barázdaterfogat (németül: Verdrängungsraum) elsősorban a padlóburkolatok csúszási ellenállásával, csúszásgátlásával (németül: Rutschhemmung) és lépésbiztonságával (németül: Trittsicherheit) kapcsolatos fogalom.

A csúszásveszélyes padlóburkolatok járásbiztonságát sokszor a járófelület készítés kori vagy utólagos, finom vagy durva érdesítésével lehet elérni. Az érdesítés szabálytalan vagy szabályos geometriájú „barázdázott” felületet eredményez. A fajlagos barázdaterfogat a „barázdázott” felület mélyedései térfogatának és az „eredeti” járófelület (járósík) nagyságának a hányadosa, amelyet cm^3/dm^2 mértékegységben szoktak kifejezni (1.5.Fl. ábra).

A DIN 51130:2014 szabvány a V 4 (legalább $4 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$), V 6 (legalább $6 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$), V 8 (legalább $8 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$), és V 10 (legalább $10 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$) fajlagos barázdaterfogati osztályokat ismeri. A DIN 51130:2014 szabvány 6. szakasza szerint a fajlagos barázdaterfogat értékét a $100 \times 100 \text{ mm}$ nagyságú próbafelület barázdáit kitöltő vizsgálati pép tömegéből és sűrűségéből kell kiszámítani.



1.5.F1. ábra: A barázdatérfogat fogalma a padlóburkolatok ASR A1.5/1,2:2019 német munkahelyi műszaki szabályzata szerint

Lásd még: Csúszási súrlódás

Fajlagos felület

A fajlagos felület a szemhalmaz szemei külső felülete összegének és a szemhalmaz tömegének hányadosa. Mértékegysége: m^2/kg , cm^2/g

A fajlagos felületet (m^2/kg) megszorozva a kiszáritott állapotú szemhalmaz szemének átlagos testsűrűségével (kg/m^3) térfogati fajlagos felületet (m^2/m^3) kapjuk. A fajlagos felület az anyag testsűrűségének is függvénye, ezért – a térfogati fajlagos felülettel ellentétben – nem tekinthető kifejezetten szemmegoszlási jellemzőnek, hiszen a fajlagos felület csak az azonos testsűrűségű szemek halmazai felületének közvetlen összevetésére alkalmas. (Kausay, 2004).

A fajlagos felület laboratóriumi mérését finom eloszlású anyagokon, főképp porokon szokták végezni. Az építőanyagiparban a cementek őrlésfinomságát (MSZ EN 196-6:2019) lehet a fajlagos felülettel jól kifejezni.

A cementek fajlagos felület mérésének legegyszerűbb és legelterjedtebb módszere a légáteresztőképeség vizsgálatán alapú *Blaine*-féle eljárás, amelynek leírása az MSZ EN 196-6:2019 szabványban található. A portlandcementek és a kohósalakcementek *Blaine*-féle fajlagos felülete általában $2900\text{--}4500 \text{ cm}^2/\text{g}$ közé esik.

Közbevetőleg megjegyezzük, hogy a *Blaine*-készülékkel azonos elvű a *Tovarov* módszer, amellyel finomabb – például $10000 \text{ cm}^2/\text{g}$ fajlagos felületű – porok is mérhetők.

A *Blaine*-készülékkel mért értékek 1994-ig cementek termékminősítő értékei voltak (MSZ 4702-2:1981, MSZ 4702-4:1982), ma már általában nem azok, az MSZ EN 197-1:2011 cement termékszabvány azt csak a mészköliszt, mint főalkotórész vizsgálati feltételül írja elő. Kivétel azonban akad: az RVS 08.17.02:2011 osztrák útügyi előírás szerint az útpályaburkolatok építéséhez kifejlesztett CEM II/B-S 42,5 N (DZ) jelű (DZ → Deckenzement) különleges kohósalak-portlandcement fajlagos felülete legfeljebb $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ legyen.

A *Blaine*-féle módszer csak zárt pórusú anyagok esetén ad tényleges értéket, ezért a fajlagos felület mérésére különleges esetekben a BET-féle (*Brunauer, S. – Emmett, P. H. – Teller, E.* nevének kezdőbetűiből) gázadszorpciós eljárást alkalmazzák (*Brunauer et al., 1938*), (ISO 9277:1995). A BET módszerrel a porfelület beborításához szükséges gázmennyiségből következtetnek a fajlagos felületre, amelybe a nyílt pórusú szemcsék belső felülete is beleértendő, ezért a BET értékek a *Blaine*-féle értékeknél nagyobbak.

A BET módszert a cementtechnológiai kutatások során is eredményesen alkalmazzák. Az MSZ EN 197-1:2011 cement termékszabvány a szilikapor, mint főalkotórész finomságát követeli meg BET-féle fajlagos felületben kifejezve.

Lásd még: Térfogati fajlagos felület

Fajlagos hézagtartalom (szemhalmazok fajlagos hézagtartalma)

Lásd: Halmazporozitás

Fajlagos súly fogalomköre

A fajlagos súly a fajsúly, térfogatsúly, halmazsúly fogalmak összefoglaló elnevezése.

Fajlagos sűrűség fogalomköre

A tömörség és a porozitás fogalmak összefoglaló elnevezése.

Fajlagos torzulási szögváltozás

A fajlagos torzulási szögváltozás a terhelés előtt egymással 90°-os szöget bezáró irányok szögváltozása. A nyírófeszültség (τ) és a fajlagos torzulási szögváltozás (γ) hányadosa a nyírási (csúszási) modulus ($G = \tau/\gamma$). Jele: γ

Fajsúly

A térfogategységben lévő anyag súlya:

$$\frac{\text{Súly (erő)}}{\text{Térfogat}} = \frac{\text{Tömeg} \times \text{Nehézségi gyorsulás}}{\text{Térfogat}}$$

Térfogaton az anyag légpórus, légbuborék, hézag stb. nélküli tömör térfogatát („abszolút” térfogatát) kell érteni, amelyet teljes egészében 0,2 mm alá aprított átlagmintán piknométerben kell meghatározni.

Mértékegysége: N/m³

Megjegyzés: Az 1 kg/m³ anyagsűrűségű test fajsúlya 9,81 N/m³.

Lásd még: Anyagsűrűség

Faktoriális

Az n nem negatív egész szám faktoriálisának az n és n -nél kisebb egymás után következő pozitív egész számok szorzatát nevezzük. Jelölése: $n!$ Például $4! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24$. Az $n!$ jelölést *Kramp*⁷¹ vezette be 1808-ban. Az $n!$ faktoriális függvény alakja minden $n \geq 0$ egész számra:

$$n! = \prod_{k=1}^n k$$

A szerves műgyanták vagy más néven duroplasztok hőre keményedő (szemben a termoplasztokkal, amely hőre lágyuló) kétkomponensű polimerek. A műgyanták („A” komponens) a térhálósítóval („B” komponens) keverve, a „B” komponens által elindított kémiai reakcióval, az úgy nevezett térhálósodással keményednek meg, szemben például a hagyományos ragasztókkal, amelyek az oldószer elpárologtatásával kötnek meg.

⁷¹ *Christian Kramp* (1760, Strassburg – 1826, Strassburg) elzászi francia orvos, matematikus és fizikus. 1809-ben a Strassburgi Egyetem matematika professzora, 1817-ben a Párizsi Tudományos Akadémia tagja lett. Egyebek mellett elsősorban a matematika orvosi alkalmazásait kutatta.

Fazékidő, edényidő, felhasználhatósági idő, eltarthatósági idő

Angolul: pot life

Németül: Topfzeit

Tulajdonképpen a fazékidő csak a hidegen keményedő kétkomponensű polimereknek (öntőgyantáknak, lakkoknak, ragasztóknak), általában poliésztereknek, epoxigyantáknak van.

Jelentése az az idő, ami eltelhet az edző/térhálósító/katalizátor („B” komponens) polimerhez („A” komponenshez) való hozzákeverésétől a keverék felhasználhatóságáig. Ez az idő többnyire jól érzékelhető, jelentős viszkozitás növekedés vagy gélesedés jelzi a fazékidő leteltét. A fazékidő leteltével (a gélesedés megindulásával) a kétkomponensű polimer-keverék gyakorlatilag felhasználhatatlanná válik.

A fazékidő a felhasználásra kész állapotban megvásárolható egykomponensű ragasztók esetén az eltarthatóság idejét jelenti.

Lásd még: Nyitott idő

Fázisdiagram

A fázisdiagram állapotábra, amelyben az anyagi rendszerek összetétele, halmazállapota stb. az egyensúlyi állapotot jellemző termodinamikai mennyiségek (például hőmérséklet, nyomás) függvényében megjeleníthető.

Lásd még: Hármaspont, Termodinamika

Fehérvas

Fehérvasnak a szén csak kötött állapotban, vaskarbid (Fe_3C) alakjában tartalmazó vaskarbid ($\text{Fe-Fe}_3\text{C}$) ötvözetet nevezik.

Lásd még: Vas-szén ötvözetek

Felit

A felit a portlandcementklinker ásványok egyikének neve, trikálcium-aluminát ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, röviden: C_3A). Mennyisége a portlandcementben: 7-15 tömeg%. Kezdeti szilárdulása gyors, hőfejlesztése nagy, zsugorodásra hajlamos. Ha hiányzik vagy kicsi a mennyisége a cementben, akkor a cement szulfátálló. Ellenkező esetben a cement kevésbé szulfátálló, mint a portlandcementek általában.

Felületi edzés

Angolul: Thermal case-hardening

Németül: Randschichthärten

A felületi edzés hőkezelési eljárás, amelynek során a felhevített vasötvözet legalább 10^3 - 10^5 °C/s sebességű gyors lehűtése folytán diffúziós átalakulásra nincs idő, de a vasötvözet felületi rétegének szövetszerkezeti lapközepes térrácsú ausztenites fázisai rácstorzulással a kisebb széntartalmú ($\text{C} < 0,2\%$) acélokban térközepes köbös térrácsú fázissá, a nagyobb széntartalmú ($\text{C} > 0,2\%$) acélokban tetragonális térrácsú fázissá válnak, melynek martenzit a neve. (Thiele, 2011), (Seidel et al., 2018)

Ha a lehűtés lassabb és ezért a szénatomok a vasatomokba diffundálnak – Fe_3C cementit keletkezik –, akkor az edzést betétedzésnek nevezzük.

A felületi edzés a gyakorlatban a betétedzés része.

Lásd még: Edzés, Betétedzés, Megeresztés

Felületi modulus

A felületi modulus a beton hideg levegővel érintkező, zsaluzott vagy szabad F [m²] felületének és V [m³] térfogatának hányadosa: Felületi modulus: $M = F/V$ [m⁻¹]

Függőleges falszerkezetek hideg időben való vagy téli betonozásakor általában a beton mindkét – külső és belső – felülete ki van téve a hideg levegő hatásának, oszlopoknál a határoló négy oldalfelület, míg például útburkolatok, térburkolatok készítésekor csak a betonlemez felső felülete. Ezért ugyanolyan vastag útburkolat vagy térburkolat felületi modulusa kisebb, mint a függőleges szabadon álló (két oldalon zsaluzott) falaké, illetve a szabadon álló falak felületi modulusa kisebb, mint az oszlopoké vagy a pilléreké (MÉASZ ME-04.19:1995, 20. fejezet):

$$M_{\text{oszlop, pillér}} > M_{\text{szabadon álló fal}} > M_{\text{útburkolat, térburkolat}}$$

Lásd még: Hideglépcsőfok, Téli betonozás

Felületi nedvesség

Lásd: Adalékanyag felületi nedvessége

Felületi szakítószilárdság

Lásd: Tapadószilárdság

Felületképzés hőfúvással

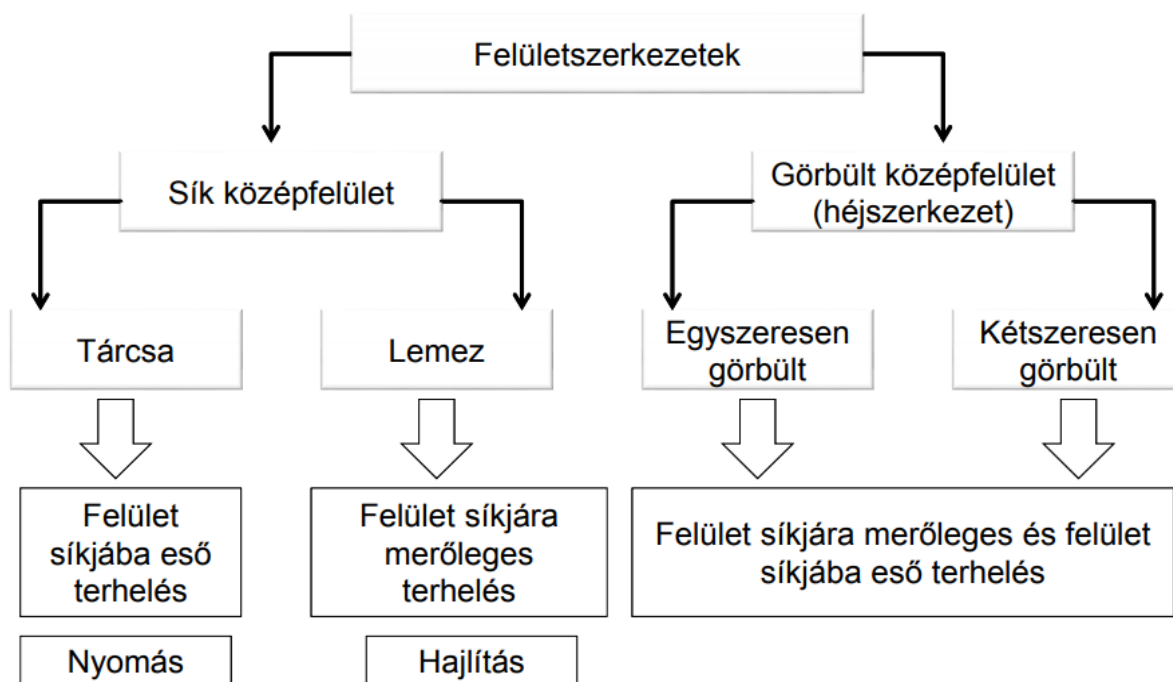
Lásd: Hőfúvásos felületképzés

Felületszerkezet

Azokat a felületszerkezeteket, amelyeknek a párhuzamos határoló felületei síkok, lemeznek vagy tárcsának, azokat, amelyeknek a párhuzamos határoló felületei görbült felületek, héjszerkezetnek, rövidebben héjnak nevezzük (1.5.F2. ábra). A mérnöki felületszerkezetek egy része lemez, tárcsa vagy héj, vagy ezekből összetett felületszerkezet. Ezeknek a szerkezeteknek a többségénél ki lehet jelölni egy kiterjedést – a vastagságot – amely „mellékszereplő” a középfelületet meghatározó másik kettő mellett, ezáltal a feszültség- és alakváltozás-állapot meghatározásának háromdimenziós feladatát kétdimenziós feladat megoldására lehet egyszerűsíteni. A lemezek és tárcsák sík középfelületű felületszerkezetek, a héjak görbült középfelületűek.

(http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHSMC01/2-mernoki_hejelmelet.pdf)

Lásd még: Lemezalakú szerkezeti elem



1.5.F2. ábra: Felületszerkezetek csoportosítása.

(http://www.sze.hu/~szepj/Tartoszerkezetek_II/2013/el%F6adas/02_EA.pdf)

Fenolftalein-oldat

A fenolftalein-oldat például a beton karbonátosodása mélységének kimutatására alkalmas sav-bázis-indikátoroldat. Alkalmazásáról az MSZ EN 14630:2007 szabvány rendelkezik.

Lásd még: Karbonátosodás

Ferdeség, Ferde eloszlás (valószínűségi eloszlás)

Angolul: Skewness

Németül: Schiefe

A ferdeség mértékét a ferdeségi együtthatóval fejezzük ki, amelynek tapasztalati értéke az x valószínűségi változó harmadik ($k = 3$) centrális nyomatékának (μ_3) és a tapasztalati szórás (s_n) köbének a hányadosa (Vincze I. 1968). A ferdeségi együttható képlete a következő (Hartung et al., 2009), (Vincze E., 1972), (Vincze I., 1968):

$$\gamma_{skewness} = \frac{\mu_3}{s_n^3} = \frac{\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3\right)}{\sqrt[3]{\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)^3}}$$

ahol n a minta elemszáma, x_i az i -edik valószínűségi változó, $\bar{x}$ a valószínűségi változók átlagértéke.

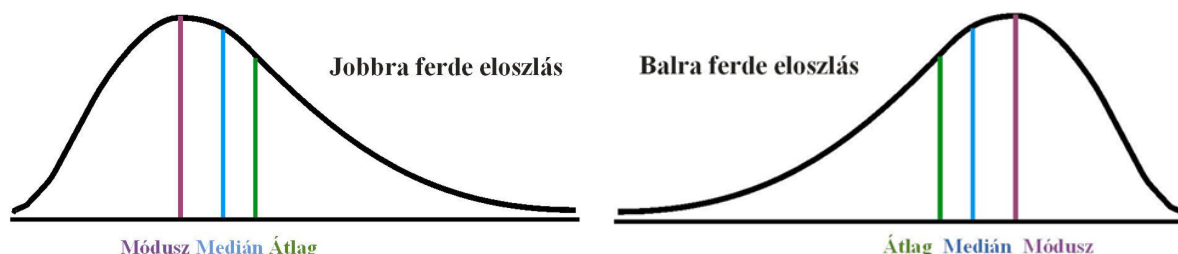
Ferde (nem szimmetrikus) az eloszlás, ha a ferdeségi együtthatója zérustól különböző szám: $\gamma_{skewness} \neq 0$.

Ha a ferde eloszlás gyakorisági görbéje, illetve relatív gyakoriságfüggvénye, más néven sűrűségfüggvénye hosszan *jobbra elnyúlik*, akkor azt mondjuk, hogy jobbra dől, jobbra ferde (pozitív ferdeségű) az eloszlás, ekkor *ferdeségi együtthatója pozitív szám*: $\gamma_{skewness} > 0$ (általában ilyen a kisebb szilárdságú betonok szilárdsági eloszlása). Minél nagyobb pozitív szám a ferdeségi együttható, a gyakoriságfüggvény annál inkább elnyúlik jobbra.

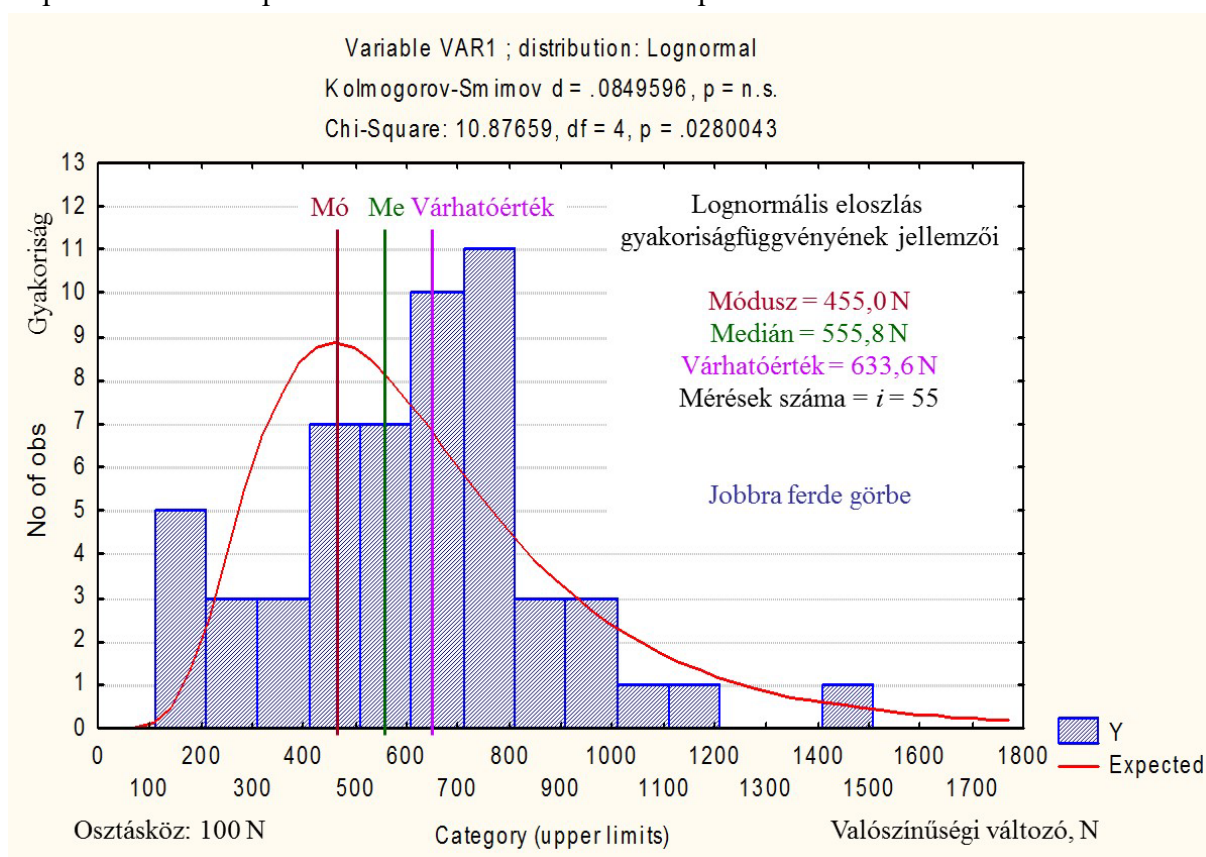
Ha a ferde eloszlás gyakorisági görbéje hosszan *balra elnyúlik*, akkor azt mondjuk, hogy balra dől, balra ferde (negatív ferdeségű) eloszlás, ekkor *ferdeségi együtthatója negatív szám*: $\gamma_{skewness} < 0$ (általában ilyen a nagyobb szilárdságú betonok szilárdsági eloszlása). Minél kisebb

negatív szám a ferdeségi együttható, a gyakoriságfüggvény annál inkább elnyúlik balra.

Ferde eloszlás esetén a medián (középső valószínűségi változó) a gyakorisági görbe csúcsától – a módusztól – a ferdeség irányába esik. A medián mindig a módusz és a számtani átlag (várható érték) között helyezkedik el. Jobbra ferde eloszlás esetén a számtani átlag (várható érték) nagyobb, mint a medián, a *Pearson*-féle aszimmetria-mutató $A = (\text{Átlag} - \text{Módusz})/\text{Szórás} > 0$. Balra ferde eloszlás esetén a számtani átlag (várható érték) kisebb, mint a medián, a *Pearson*-féle aszimmetria-mutató $A = (\text{Átlag} - \text{Módusz})/\text{Szórás} < 0$ (1.5.F3. – 1.5.F4. ábra).



1.5.F3. ábra: Valószínűségi eloszlásfüggvény ferdesége. Forrás: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/110-mat-stat.pdf>



1.5.F4. ábra: Példa a jobbra ferde logaritmikusan normális-eloszlás (lognormális-eloszlás) gyakoriságfüggvényének jellemzőire. Forrás: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/110-mat-stat.pdf>

Az 1980. július 15-én érvénybe lépett és 2004. szeptember 1-jén visszavont MSZ 4720/2:1980 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati eredmények R_m átlagértékéből és s szórásából a t_n *Student*-tényező (visszavont MSZ 256-2:1973) felhasználásával az R_k jellemző értéket az

$$R_k = R_m - k \times t_n \times s$$

kifejezéssel kellett meghatározni, ahol k a szilárdság eloszlásának ferdeségét figyelembe vevő, a vizsgálati eredmények átlagától függő, következő alakú tényező:

$$k = 0,54 + 0,1027 \times \sqrt{R_m}$$

A k tényező a $t_n \times s$ alulmaradási tágasság szorzója, értéke $R_m = 20,0 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdság esetén $k = 1,00$; $R_m < 20,0 \text{ N/mm}^2$ esetén $k < 1,00$ és $R_m > 20,0 \text{ N/mm}^2$ esetén $k > 1,00$, és annak feltételezésén alapult, hogy

- $R_m = 20,0 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdság esetén a vizsgálati eredmények eloszlása szimmetrikus;
- $R_m < 20,0 \text{ N/mm}^2$ esetén jobbra ferde, az alulmaradási tágasság csökken és a jellemző érték nagyobb értéket vesz fel, az átlaghoz közelebb kerül;
- $R_m > 20,0 \text{ N/mm}^2$ esetén pedig balra ferde, az alulmaradási tágasság növekszik és a jellemző érték kisebb értéket vesz fel, az átlagtól távolabb kerül.

A k ferdeségi tényező eredetéről bizonyosat nem tudunk. *Ujhelyi János, György László, Korda György, Mistéth Endre* tanulmányai között olyat, amelyben a k ferdeségi tényező eredetéről vagy megfogalmazójának személyéről szó esnék, nem találtunk. A beton nyomószilárdsági eredmények gyakoriságfüggvénye ferdeségének jelentőségét, a k ferdeségi tényező értelmezését, alkalmazását *Ujhelyi János* munkáiból ismerhetjük meg:

- „Érdemes idézni *György László*⁷² szellemes gondolatát: minden betonkeverék – természetéből adódóan – arra törekszik, hogy 280 kp/cm^2 szilárdságú legyen. Ha kisebb szilárdságúra készítjük, akkor *Pearson*-eloszlást vagy szélsőséges esetben logaritmikusan normális-eloszlást vesz fel. Ha lényegesen nagyobb szilárdságúra készítjük, akkor eloszlása jobbra ferde” (itt értsd alatta, hogy balra nyúlik el, azaz negatív ferdeségű). (*Ujhelyi, 1977*)
- „Átlagos színvonalú betonkészítés esetén a nyomószilárdság eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B50 – B140) tartományában, vagy erősen képlékeny konzisztencia esetén logaritmikusan normális-eloszlással közelíthető, míg a nagyobb szilárdságok tartományában (B400 – B560), vagy földnedves konzisztencia esetén a „második” alsó extrémális-eloszlással (értsd: a III. típusú alsó *Weibull*-eloszlással). A közepes szilárdságok (B200 – B280) tartományában normális lehet a nyomószilárdság eloszlása.” (*Ujhelyi, 1978*)
- „*Korda János*⁷³ mutatta ki (*Korda, 1972 és 1973*), hogy képlékeny (plasztikus) alakváltozás esetén az eloszlás kissé balra ferde (Pearson-eloszlás), míg *Mistéth Endre* részben rideg, részben plasztikus alakváltozást feltételezve határozta meg

⁷² *György László* (1923, Rákosliget – 2016, Budapest) okl. építőmérnök. Fiatal korában katonai pályára készült, érettségi után, 1942-től a Honvéd Ludovika Akadémián tanult, ahol 1944-ben hadnaggyá avatták. 1946-ban iratkozott be a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemre és 1950-ben építőmérnöki mérnöki oklevelet szerzett. Első munkahelye az Építéstudományi Intézet volt. 1963-ban az akkor alakult Építésügyi Minőségellenőrző Intézet Matematikai és Fizikai Osztályára került, majd 1991. évi nyugalomba vonulásáig a Mechanika Osztályon, annak vezetőjeként dolgozott. „A betonszilárdság ellenőrzésének néhány matematikai statisztikai kérdése” című értekezésével 1974-ben műszaki doktori címet nyert, majd 1987-ben a BME címz. egyetemi docense lett. Az építőanyagok gyakorlati kérdéseit a BME Építőanyagok Tanszékén 1960-tól és 1968-1984 között az Ybl Miklós Műszaki Főiskolán oktatta. A KGST, a RILEM, az EOQC munkabizottsági tagjaként részt vett a beton vizsgálati módszerek kidolgozásában (*Balázs 2003*).

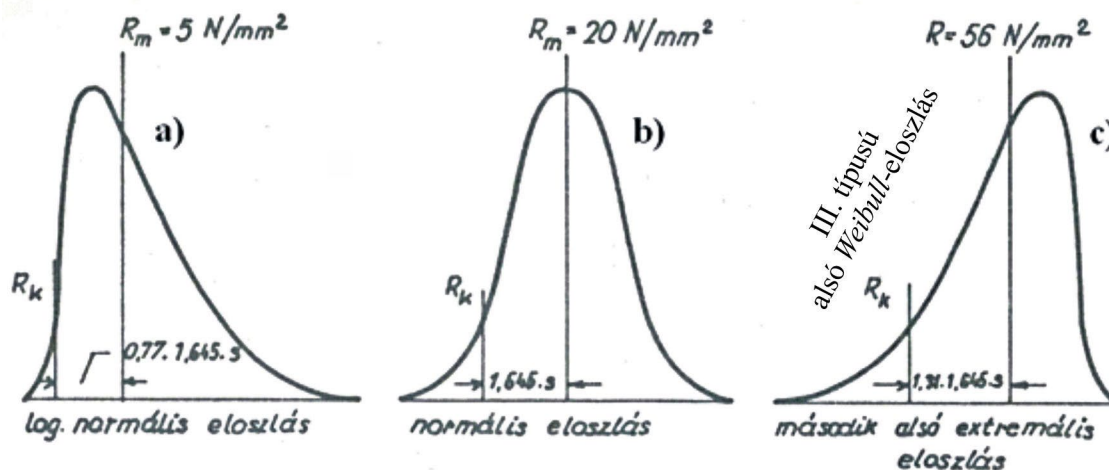
⁷³ *Korda János* (1929, Budapest – 2018, Budapest) okl. építőmérnök, c. egyetemi docens. A BME-n (akkoriban ÉKME-n) 1952-ben szerzett oklevelet. 1952-1959 között főállásban a Műegyetem (BME-ÉKME) Acélszerkezetek Tanszékén és Vasbetonszerkezetek Tanszékén oktatott, majd pályafutása során külső előadó volt. 1973-ban lett a műszaki tudományok kandidátusa. Dolgozott a Hídepítő Vállalatnál, az Ipari Építettervező Vállalatnál, az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetnél, az Általános Építettervező Vállalatnál, majd rendszerváltozás után a Rogers Engineering Kft-nél. Az 1989-től 1996-ig az egyesületi Mérnöki Kamara, 1997-től 2009-ig a köztestületi Magyar Mérnöki Kamara (MMK) alelnöke volt. *Korda János* a MMK Zielinski Szilárd díját 2002-ben, a Mérnök Újságíró díjat 2004-ben, a Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetését 2007-ben kapta meg. (<http://workshop.mmk.hu/>)

valószínűségi eloszlás normálistól eltérő alakját.” (Ujhelyi, 1978)

- Az MI-04.19:1981 (MI-04.19-81) építésügyi ágazati műszaki irányelv 2.4.2.4. szakaszában és a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4.4.2.4. szakaszában – mindkét kiadvány kidolgozását Ujhelyi János irányította, azt jórészt maga írta – a k ferdeségi tényezőre vonatkozólag lényegében, szinte szó szerint azonos tartalmú szöveg található:

„A beton szilárdságának az eloszlására általában feltételezik, hogy az a Gauss-féle normális-eloszlásnak megfelelő. Valamely tulajdonság – mint valószínűségi változó – eloszlása akkor normális, ha a tulajdonság kialakulását számos apró, véletlen tényező befolyásolja. A betonok készítésekor azonban lehetnek olyan tényezők is (például a kavics feldúsulása a depónia szélén, az agyag-iszap feldúsulása a depónia alján bemosódás folytán, a hőmérséklet változása egyik napról a másikra stb.), amelyek törvényszerűen csak pozitív vagy negatív irányban módosítják – tehát torzítják – a nyomószilárdságot, a szilárdság változásait.

A visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban – vizsgálati eredmények és gyakorlati tapasztalatok alapján – azt tételezték fel, hogy a nyomószilárdság valószínűségi eloszlása az átlagos nyomószilárdságtól függően általában az 1.5.F5. ábra szerint alakul.



1.5.F5. ábra: A különböző átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdságának becsült eloszlása a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány alapján az MI-04.19-1981 műszaki irányelv 26. ábrája és a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4.12. ábrája szerint. (Megjegyzés: Az ábra és a nyomószilárdsági eloszlások típusának megnevezése az MSZ 4720-2:1980 szabványban nem szerepel.)

Az 1.5.F5. ábrával kapcsolatban megemlítjük, hogy alulmaradási tágasságnak a bal oldali ábrán szereplő 0,77 értékű szorzója és a jobb oldali ábrán szereplő 1,31 értékű szorzója az $R_m = 5 \text{ N/mm}^2$, illetve $R_m = 56 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdsághoz tartozó, a $k = 0,54 + 0,1027 \times \sqrt{R_m}$ összefüggésből kiszámított k tényező, amely nem azonos a lognormális-eloszlás vagy a Weibull-eloszlás alakparaméterével.

Megjegyzés: Ha a Weibull-eloszlás alakparamétere $c < 3,447798$, akkor a Weibull-eloszlás jobbra ferde (jobbra nyúlik el), ha $c > 3,447798$, akkor a Weibull-eloszlás balra ferde (balra nyúlik el), ha $c \approx 3,447798$, akkor jól közelíti a Gauss-féle normális-eloszlást (Rinne, 2009).

A beton minősítési szilárdsága (a nyomószilárdság jellemző értéke, azaz karakterisztikus értéke) az 5% valószínűségi szinthez tartozó küszöbérték.

Ha a szilárdság eloszlása a Gauss-féle normális-eloszlással közelíthető (1.5.F5/b. ábra), akkor $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozólag a minősítési

szilárdság $R_k = R_m - 1,645 \times s$, ahol $t_{n>4} = 1,645$ a *Student*-tényező ($n > 40$ mintaszám esetén) és s a nyomószilárdság szórása [N/mm^2].

Ha a szilárdság eloszlása a normálistól eltérő, akkor $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre vonatkozólag a minősítési szilárdság $R_k = R_m - k \times 1,645 \times s$, ahol k az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerinti ferdeségi tényező.” (MI-04.19:1981 műszaki irányelv 2.4.2.4. szakasza és MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4.4.2.4. szakasza)

- „A betonszilárdság eloszlásának alakja a szilárdság átlagértékétől függ: kisebb szilárdságú betonok esetében lognormális-eloszlással közelíthető, nagyobb szilárdságú betonok esetén a második alsó extrémális-eloszlással* (lásd az 1.5.F5. ábrát). Ezt fejezi ki a k ferdeségi tényezőnek az R_m átlagos nyomószilárdságtól függő értéke (lásd a fenti képletet).” (MI-04.19-1981 műszaki irányelv 4.2.4.3. szakasz). *Helyesen: a III. típusú alsó *Weibull*-eloszlással.

Megjegyzés: Az MI-04.19-1981 műszaki irányelvet 1981 májusában – mintegy félévvel az MSZ 4720-2:1980 szabvány érvénybe lépte (1980. október 1.) után – hagyták jóvá.

Az MSZ 4720/2:1980 szabvánnyal – a k ferdeségi tényező bevezetése által – a korábbiaknál árnyaltabbá tették a nyomószilárdság alulmaradási tágaságának a meghatározását, és a nyomószilárdság vizsgálati eredmények „eloszlásferdeség érzékeny” értékeléséhez viszonylag egyszerű – a *Pearson*-eloszlás vagy lognormális-eloszlás, illetve az extrémérték-eloszlás (extrémális-eloszlás) alkalmazását mellőző, de mindennapos használatához elegendő pontosságú – módszert szabványosítottak.

Lásd még: Extrémérték-eloszlás, Medián, Módusz, Szórás, *Pearson*-féle aszimmetria-mutató, *Weibull*-eloszlás

Ferrit

A ferrit a szénvel szilárd oldatot képező α -vas módosulat kohászati neve.

Lásd még: Szilárd oldat, Vas-szén ötvözetek

Ferrocement

Ezt a cementfajtát feltalálója, *Ferrari* olasz cementkémikus, pisai egyetemi tanár után *Ferrari*-cementnek nevezik, de nevezik ferrocementnek, brownmillerit-cementnek, puccoláncementnek, puzzoláncementnek stb. is. (*Gáspár*, 1935), (*Biczók*, 1960)

Ferrocementnek az olyan *cementet* nevezik, amelynek trikálcium-aluminát (felit, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, röviden: C_3A) tartalma csekély, tehát az alumínium-tartalom nagy része a tetrakalcium-aluminát-ferrit klinkerásványban (celit, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, röviden: C_4AF) van. A ferrocementek hidratációja során nem keletkezik olyan kalcium-aluminát-hidrát, amelyből ettringit képződik, így tehát a beton szulfátkorróziójának veszélye csekély (*Talabér*, 1966).

Ferrari az 1920-ban szabadalmaztatott ferrocement timföld-modulusnak nevezett aluminát-modulusát $\text{AM} = 0,64$ értékkel adta meg (*Bereczky*⁷⁴ et al., 1970), (*Keil*, 1971).

⁷⁴ *Bereczky Endre* (1896, Budapest – 1973, Budapest) okl. vegyészmérnök, egyetemi tanár. Oklevelét a Királyi József Műegyetemen 1921-ben szerezte meg. Első munkahelye a Beocsini Cementgyári Unió volt, majd a Csehszlovákiához csatolt felvidéki cementgyárakban, Lédecen (Ladce) és Litvaillón (Lietavaska Lucka) dolgozott, kezdetben üzemmérnöki, majd főmérnöki beosztásban. Később áthelyezték a vállalat központjába, Pozsonyba, ahol először beruházási főmérnöként, majd műszaki igazgatóként tevékenykedett egész 1945 végéig. Ekkor visszatért Magyarországra, a selypi cementgyár főmérnöke, majd az államosítás után az újonnan alakult vezető szerv, a Mész- és Cementipari Központ műszaki igazgatóhelyettese lett.

1949-ben a heterogén cementekkel kapcsolatos kutató munkájáért Kossuth-díjat kapott. 1951-ben nevezték ki a Veszprémi Vegyipari Egyetemen akkor alakuló Szilikátkémiai Tanszék vezetőjévé. Ebben a beosztásban oktatott

Az aluminát-modulus $AM = 0,64$ értéke nem más, mint az alumínium-oxid (Al_2O_3) atomtömegének és a vas(III)-oxid (Fe_2O_3) atomtömegének a hányadosa:

$$AM = \frac{2 \times 26,982 + 3 \times 15,999}{2 \times 55,845 + 3 \times 15,999} = 0,639 \sim 0,64$$

A ferrocementek nagy vastartalmuk folytán sötétebb színűek, mint a tiszta, CEM I jelű portlandcementek (MSZ 4702:1956).

A kis Al_2O_3/Fe_2O_3 arányú cementekre példa a *Ferrari* cement, amelyhez hasonló cementet Németországban Erzzement (ércement, timföldmentes cement) néven gyártanak. (Neville, 2012)

Ferrari pisai egyetemi tanár szerint az olasz „puzzoláncement hidraulikusan inaktív részeket nem tartalmazó portlandcementnek és puzzolánföldnek együttes őrlésével és keverésével készült. Az előzetesen, egy bizonyos hőkezelésnek alávetett puzzolánföldnek olyan összetételűnek kell lennie, hogy reakcióképessége a cementével megegyező legyen. A hőkezelt puzzolánföldnek nemcsak a portlandcement részét, hanem más alkotórészeit is lekötik. A *Ferrari* által bemutatott szilárdsági vizsgálatok eredményei általános feltűnést keltettek, különösen azáltal, hogy már az egészen fiatal, háromnapos korosztályban is felülmúlták a portlandcement szilárdságát, úgy a habarcsokban, mint a betonokban. Az olaszok a 10%-os nátriumszulfát-oldatban áztatott próbatestekkel az oldat behatolásának mélységét vizsgálva is jóval kedvezőbb értékeket kaptak, mint a portlandcement-próbatestekkel.” (Gáspár, 1935)

A ferrocementeket a gyakorlatban általában egyszerűen szulfátálló, vagy mérsékelt szulfátálló cementnek nevezik. Ilyen cement volt az egykori magyar S-54 jelű szulfátálló portlandcement is. (Biczók, 1960)

A mérsékelt szulfátálló és szulfátálló cementek fő alkalmazási területe az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti XA1, XA2, XA3 környezeti osztályú betonok készítése, ha a betont természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes víz okozta kémiai duzzadásos korrózió veszélyezteti.

Lásd még: Aluminát-modulus, Brownmillerit, Celit, Ettringit, Klinkerásványok, S-54 szulfátálló portlandcement, Szulfátálló cement

„Ferrocement”-nek nevezett finomszemű beton, illetve habarcs

A ferrocement olyan hálókka vagy egyedi betétekkel és hálókka erősített, finom szemű adalékanyaggal készített *beton* (*habarcs*), amelynek vastagsága legfeljebb 30 mm. A ferrocement-építészeti megalapozója, első, világhírű alkalmazója *Nervi*⁷⁵ volt, akinek

és kutatott 1964-ben történt nyugdíjazásáig. Nyugdíjasként a budapesti Szilikátipari Központ Kutató és Tervező Intézetben (SZIKKTI) folytatott cementipari kutatásokat.

1952-ben elnyerte a kandidátusi fokozatot. 1953-54-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetem dékánja volt. Hosszú ideig a Szilikátipari Tudományos Egyesület elnöki, társelnöki tisztségét töltötte be.

Számos publikációja jelent meg hazai és külföldi szakfolyóiratokban (Építőanyag, Zement-Kalk-Gips, Ton-Industrie Zeitung). 1950-ben jelent meg: "Építőipari anyagtan" című könyve (*Becz Jenő* társszerzővel). Előadásokat tartott a magyar és csehszlovák tudományos találkozókön kívül a berlini Technische Hochschule kongresszusán, továbbá a londoni Cementkémiai Világkonferencián.

Forrás: Országos Széchényi Könyvtár – Magyar Elektronikus Könyvtár:
<https://mek.oszk.hu/02000/02060/html/bereczky.htm>

⁷⁵ *Pier Luigi Nervi* (1891, Sondrio – 1979, Róma) olasz szerkezettervező mérnök. Diplomát 1913-ban a Bolognai Egyetemen szerzett, 1946-1961 között a római Universitát La Sapienza Egyetem professzora volt. Tervezői-kivitelezői munkásságát merész, rendkívül karcsú monolit és előregyártott vasbeton szerkezetek, hangárok, csarnokok, raktárak, templomok fémjelzik elsősorban Olaszország-szerte, de épített például New Yorkban

leghíresebb ferrocement-alkotása az 1949-ben épült, 91 m fesztávolságú torinói kiállítási csarnok (*Balázs, 2010*).

Feszített vasbeton

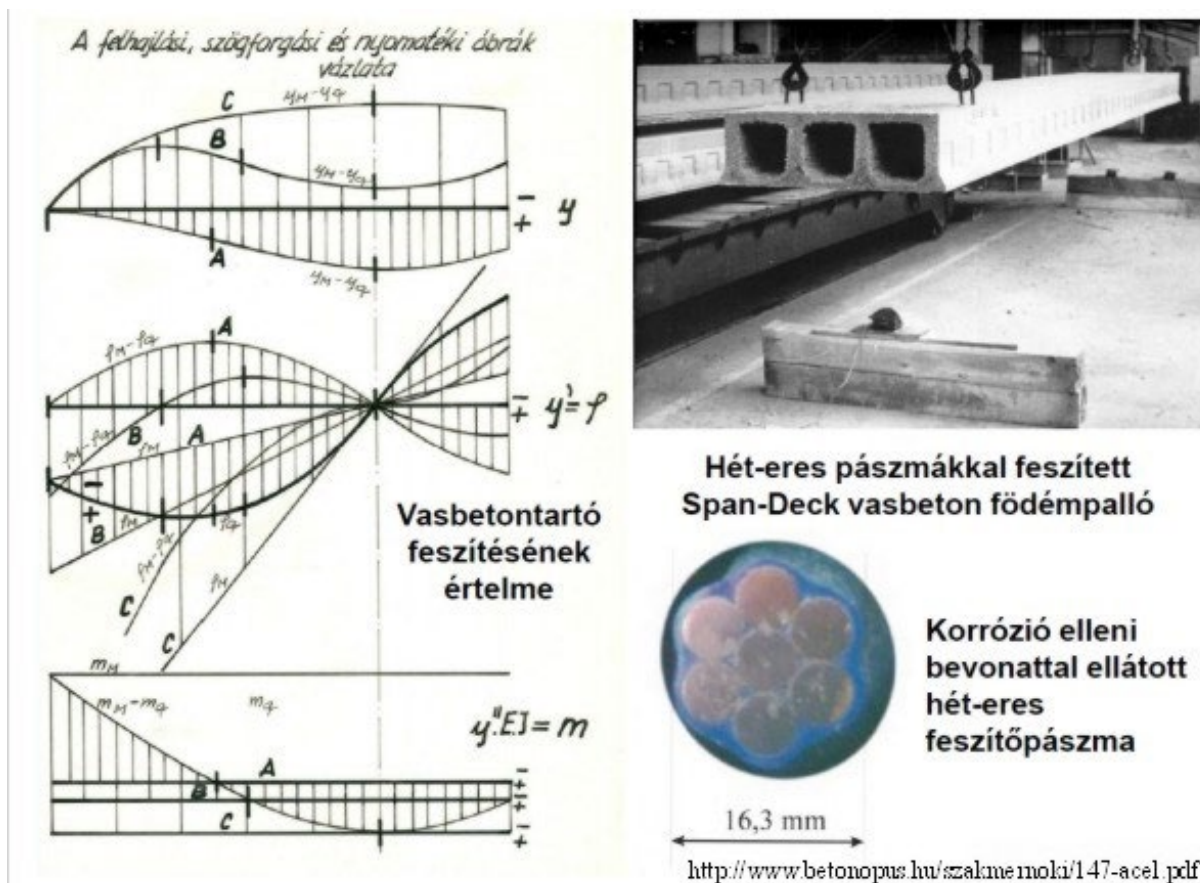
A vasbeton feszítési rendszerek *német* (és *angol*) nevezéktanának kifejezéseit e szócikk végén értelmezzük.

A feszített vasbeton olyan szerkezet vagy szerkezeti elem, amelyben a hatásokból eredő húzófeszültségeket megfeszített elemek (többnyire acél anyagú feszítő huzalok vagy pászmák, esetleg rudak) ébresztette nyomófeszültségekkel csökkentik, miáltal karcsúbb, nagyobb fesztávolságú, repedésre kevésbé hajlamos elemek készíthetők. Ha a feszítő elemeket a beton szilárdulása előtt feszítik meg, akkor előfeszített (*1.5.F6. ábra*), ha a beton szilárdulása után feszítik meg, akkor utófeszített vasbetonszerkezetről, szerkezeti elemről beszélünk (*Tassi et al., 1984*).

A feszített vasbetonszerkezetek

- tervezési előírásai az MSZ EN 1990, MSZ EN 1992 (Eurocode 2) és MSZ EN 1994 (Eurocode 4) szabványban,
- az Eurocode 2 szabvány szerint méretezett és az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány – valamint annak magyar nemzeti alkalmazási dokumentumai: MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 – szerinti betonból készített betonelemgyári feszített vasbetonelemek készítésének gyártási feltételeire és a termékek minőségére vonatkozó általános szabályok az MSZ EN 13369:2024 szabványban,
- az Eurocode 2 vagy Eurocode 4 szabvány szerint méretezett feszített vasbetonszerkezetek kivitelezési előírásai – mind a monolit építési móddal, mind az előregyártott elemekkel történő kivitelezésre érvényes – MSZ EN 13670:2010 szabványban találhatók.

buszpályaudvart, Montrealban felhőkarcolót. 1960-ban az American Academy of Arts and Sciences tagja lett, 1963-ban a Harvard Egyetem díszdoktorává avatták, 1964-ben elnyerte az American Institute of Architects aranyérmét, 1973-ban a francia Académie des Beaux-Arts felvette tagjai sorába. 1968-ban a legmagasabb olasz tudományos és kulturális díjnak minősülő nemzetközi Antonio-Feltrinelli-díjjal tüntették ki. *Nervi* a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 1970-ben avatta díszdoktorrá, és erre emlékezve, előadásokkal kísérvé 2016-ban Budapesten is bemutatták a „Pier Luigi Nervi – Art and Science of Building” című vándorkiállítást (*Balázs L. et al., 2015*).



1.5.F6. ábra: Feszített kéttámaszú vasbetontartó statikai ábrái és a Beton- és Vasbetonipari Művek (BVM) Szolnoki Gyárában (ma Ferrobeton Zrt.) 1977-től mintegy húsz éven át gyártott, előfeszített SD jelű Span-Deck földémpalló

Napjaink tervezői gyakorlatában előfeszített vasbetonszerkezetet C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból ritkán készítenek, általánosabb a C40/50 nyomószilárdsági osztályú beton használata. A külön nyírási vasalással nem rendelkező szerkezeti elemeket, mint például a hosszúpadon gyártott üreges földémpaneleket, C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonból gyártják. A hídgerendák gyártásához általában ugyancsak C50/60, de előfordul, hogy C60/75 nyomószilárdsági osztályú betont alkalmaznak.

Koris Kálmán és Péczely Attila tervezési segédletének (2000) 1.1. fejezetében lévő táblázat megjegyzése szerint az előfeszített vasbeton tartókat legalább C30/37 nyomószilárdságú osztályú betonból kell készíteni. A hivatkozott tervezési segédlet 1.3. fejezetének táblázatában látni, hogy a feszítőacélok számításba veendő erőátadódási (lehorgonyzási) hossza a nyomószilárdsági osztályok csökkenésével nő ⁷⁶, tehát kis nyomószilárdságú osztály alkalmazása ezért sem hatékony. A kisebb nyomószilárdsági osztályú beton kúszási tényezőjének közepes végértéke nagyobb szám ⁷⁷, ami a feszítőacélok feszültségvesztését

⁷⁶ A feszítőacélok erőátadódási (lehorgonyzási) hossza: $l_{bp} = \beta_b \times \Phi$, ahol Φ a pászma helyettesítő átmérője. A β_b értékeit a következő táblázat tartalmazza (a β_b értéke a feszítőacél felületi kialakításától is függ):

Beton nyomószilárdsági osztálya	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
β_b	75	70	65	60	55	50

⁷⁷ A kúszási tényező közepes végértéke (φ_0) az MSZ 15022-1:1986 és MSZ 15022-3:1986 szabvány szerint:

Beton nyomószilárdsági osztálya	C 4	C 6	C 8	C 10	C 12	C 16	C 20
Kúszási tényező végértéke (φ_0)	3,3	2,95	2,7	2,5	2,35	2,1	1,9
Beton nyomószilárdsági osztálya	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50	C 55
Kúszási tényező végértéke (φ_0)	1,7	1,55	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

növelő tényező (visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány 2. táblázata, visszavont MSZ 15022-3:1986 szabvány 1. táblázata).

Az előregyártott betontermékekkel foglalkozó MSZ EN 13369:2024 szabvány 4.2.2.1. szakasza szerint előfeszített vasbeton készítéséhez legalább C30/37 jelű nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

Vasbetonszerkezetek utófeszítését csak európai műszaki értékelés birtokában (ETA = European Technical Assessment) szabad végezni, amelyhez az ETAG 013:2002 útmutatót adták ki. (ETAG = Guideline for European Technical Approval. Megjegyzés: Az ETA rövidítés 2013. július 1. előtt az „European Technical Approval” megnevezést fedte.)

Az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési ütügyi műszaki előírás 1. táblázata szerint feszített vasbeton hídszerkezetek, üzembn előregyártott híderendák készítéséhez legalább C40/50 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni. Ugyanakkor az e-UT 07.02.11:2011 közúti hídepítési ütügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza a feszített vasbetonelemek legkisebb betonnyomószilárdsági osztályaként a C30/37 jelű nyomószilárdsági osztályt jelöli meg.

Az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 7. §. IV. H) fejezetében az előfeszített vasbeton szerkezetek készítéséhez legalább B 600 (átlagos kockaszilárdság $600 \text{ kp/cm}^2 \cong 60 \text{ N/mm}^2$) nyomószilárdsági osztályú beton alkalmazását írták elő.

Az 1967. évi Közúti Hídszabályzat (KPM SZ HI/1-67) G. fejezete szerint előfeszített vasbeton szerkezetekhez legalább B 400 (átlagos kockaszilárdság $400 \text{ kp/cm}^2 \cong 40 \text{ N/mm}^2$), utófeszített vasbeton szerkezetekhez legalább B 280 nyomószilárdsági osztályú (átlagos kockaszilárdság $280 \text{ kp/cm}^2 \cong 28 \text{ N/mm}^2$) betont kellett alkalmazni.

A visszavont MSZ 15022-2:1986 szabvány 1.2.1. szakaszának előírása szerint annak idején a tapadással lehorgonyzott acélbetétekkel („tapadóbetét”) készülő feszített vasbetonszerkezetekhez legalább C 20 (ma C25/30-AC₅₀(H)), más módon (például véglehorgonyzással) lehorgonyzott feszített szerkezetekhez legalább C 16 (ma C20/25-AC₅₀(H)) nyomószilárdsági jelű betont (MSZ 4719:1982) kellett előírni.

A feszített vasbetonszerkezetekkel részletesen *Bölcseki Elemér* és *Tassi Géza* „Vasbeton szerkezetek, feszített tartók” című tankönyve (*Bölcseki et al.*, 1980) foglalkozik, amelyből a feszített vasbetontartók általános tulajdonságai, a feszített szerkezetek anyagai, a feszítési rendszerek és módszerek megismerhetők, és az elő- és utófeszített vasbetontartók erőtani számítása, szerkesztése és vizsgálata elajátítható.

Ugyanebben az időszakban jelent meg a *Mérnöki Kézikönyv* második sorozata (az ötkötetes első sorozat I. kötete 1955-ben, V. kötete 1965-ben látott napvilágot), amelynek II. kötete (*Palotás et al.*, 1984) beton-, a vasbeton- és a feszített vasbeton szerkezetekről szóló 3.2. fejezetében (*Tassi et al.*, 1984) *Tassi Géza* (3.2.3., 3.2.4, 3.2.5. szakasz), *Knébel Jenő* (3.2.3. szakasz), *Királyföldi Lajosné* (3.2.4. szakasz), *Reviczky János* (3.2.5. szakasz) és *Nemeskéri-Kiss Géza* (3.2.6. szakasz) tollából olvashatjuk a monolit és az előregyártott vasbeton és feszített vasbeton hidak, a szabadon szerelt és szabadon betonozott hídszerkezetek, az előregyártott vasbeton és feszített vasbeton vasúti hidak építómérnöki elméleti és gyakorlati ismeretanyagát.

Figyelemre méltó a német, kétkötetes *Beton-Kalender* (BetonKalender) 2017. évi kiadása is. Az 1. kötetben *Gefßner* és szerzőtársai (2017) a vasbeton-feszítés történetével, a feszítési rendszerekkel és módszerekkel, a feszített vasbetontartók méretezésével foglalkozik. A Beton-Kalender 2017. 2. kötetében *Fingerloos* (2017) a DIN EN 13670:2011 szabvány feszített vasbetonszerkezetek kivitelezésével foglalkozó 7. fejezetét és az ahhoz tartozó német lábjegyzetek idézte, ma már visszavont DIN 1045-3:2008 szabványban lévő német

módosítások (német NAD, német nemzeti alkalmazási dokumentum) szövegét egybeszerkesztve mutatja be, amelyet „Konsolidierte Fassung: DIN EN 13670 mit DIN 1045-3”-nak nevez (1.5.F7. ábra).

7.4.4 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund

**DIN EN 13670:2011-03
EN 13670:2009 (D)**

(1) Spannglieder ohne Verbund müssen über ihre gesamte Länge angemessen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abgedichtet sein.

NA 34)

2017 **BetonKalender**
Spannbeton
Spezialbetone


Konsolidierte Fassung: DIN EN 13670 mit DIN 1045-3
619

7.4.4 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund
Spannglieder ohne Verbund müssen über ihre gesamte Länge angemessen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abgedichtet sein.

(NA.2) Bei externen Spanngliedern sind Verankerungen und Umlenkelemente lage- und winkelgerecht einzubauen, damit ungewollte Winkelabweichungen im zulässigen Bereich der Zulassungsregelungen bleiben.

DIN 1045-3:2012-03

Absatz (NA.4) wird hinzugefügt:

(NA.4) Hüllrohre dürfen beim Einbau und beim Betonieren nicht beschädigt oder unzulässig verformt werden.

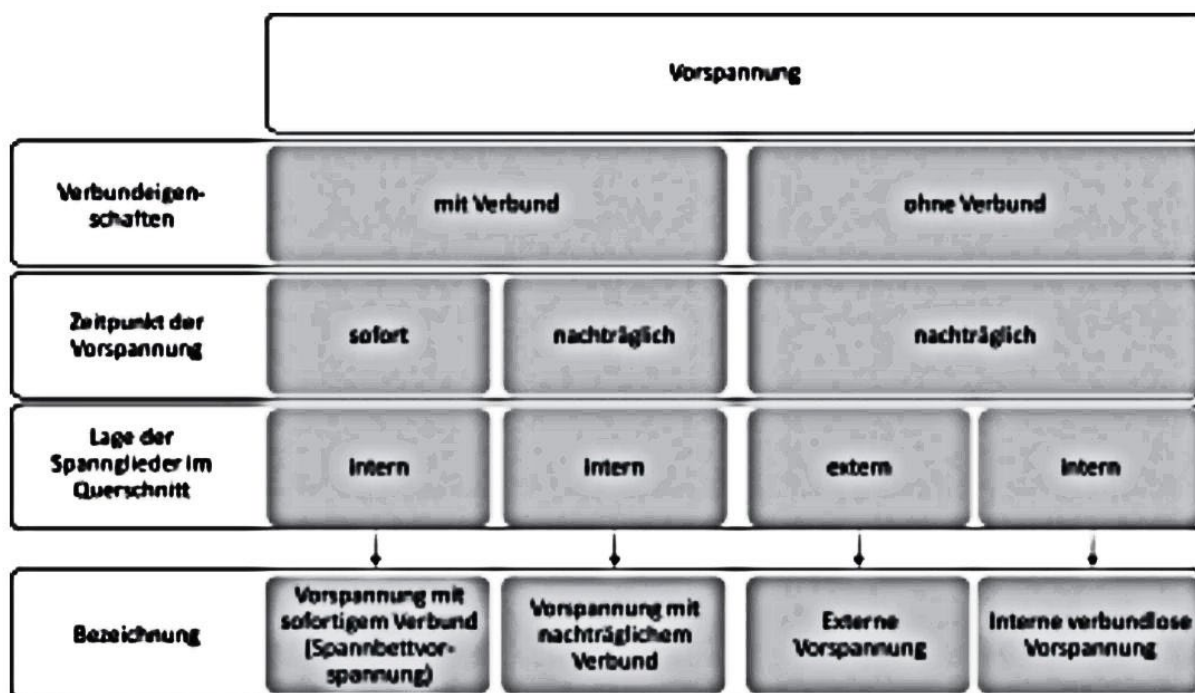
2.7.9 Zu 7.4 Einbau der Spannglieder, 7.4.4 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund

Absatz (NA.2) wird hinzugefügt:
(NA.2) Bei externen Spanngliedern sind Verankerungen und Umlenkelemente lage- und winkelgerecht einzubauen, damit ungewollte Winkelabweichungen im zulässigen Bereich der Zulassungsregelungen bleiben.

1.5.F7. ábra: Beton-Kalender 2017. évi 2. kötet, 619. oldal; példázva, hogy a könyvben *Fingerloos* (2017) a DIN EN 13670:2011 szabvány feszített vasbetonszerkezetek kivitelezésével foglalkozó 7. fejezetét és az annak német módosításait tartalmazó, ma már visszavont DIN 1045-3:2008 szabvány vonatkozó szövegét egybeszerkesztve mutatja be

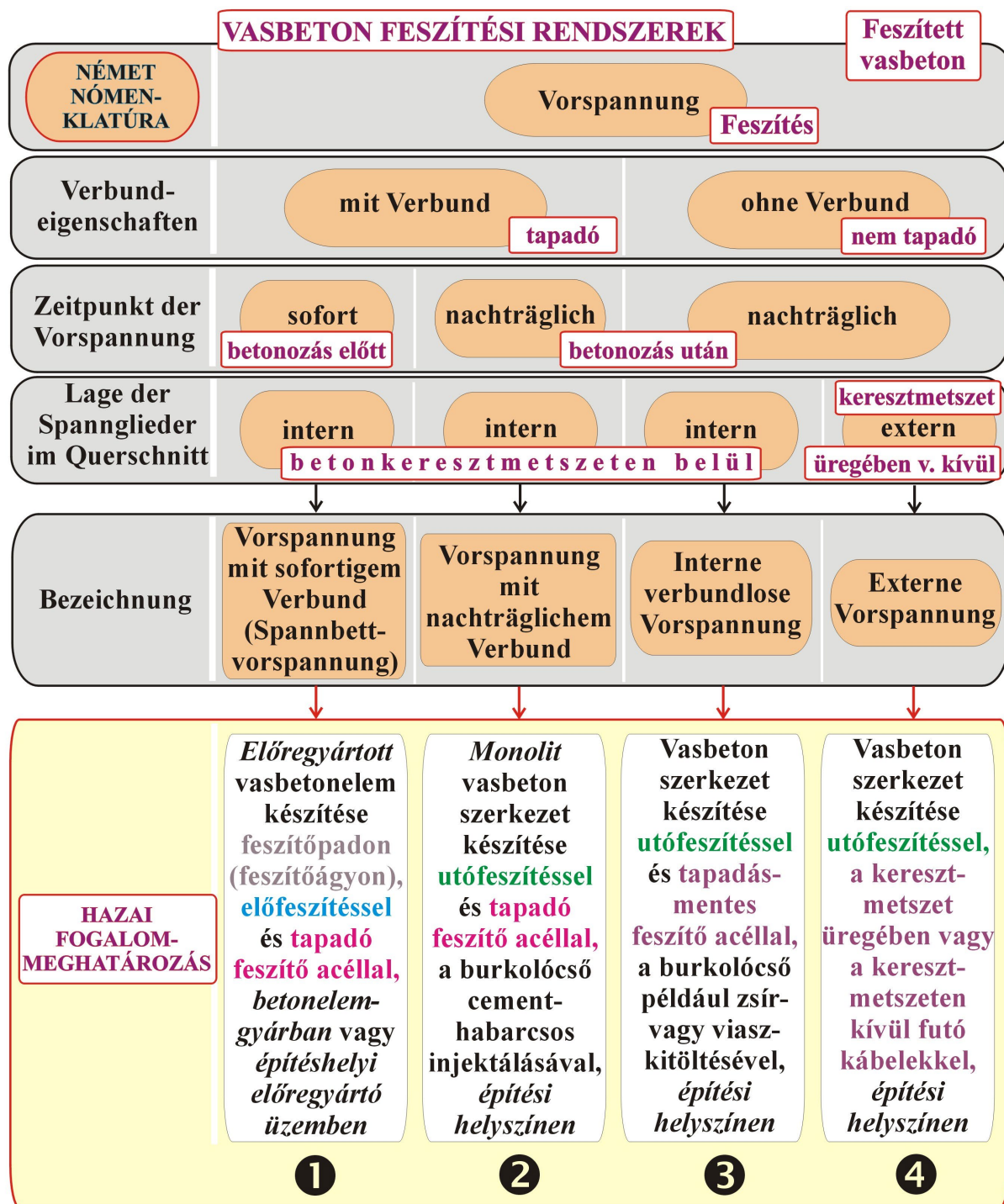
A 2017. évi Beton-Kalender feszített vasbetonokkal foglalkozó fejezeteinek – és a feszített vasbeton tárgyú német nyelvű egyéb szakirodalom, például szabványok, folyóiratcikkek stb. – tanulmányozásához hasznos lehet a vasbeton feszítési rendszerek magyartól némiképp eltérő *német* (és *angol*) nevezéktanának alábbi áttekintése.

A vasbeton feszítési rendszerek *német* (és *angol*) nevezéktanának kifejezéseit *Geßner* és szerzőtársai (2017) – a Beton-Kalender 2017. évi 1. kötetében megjelent – tanulmányából vett 1.5.F8. ábra és *Kaufmann* (2019) – a Zürichi Műszaki Főiskolán (ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) 2019 tavaszán tartott, a világhálón közzétett – előadásából származó 1.5.F10. ábra alapján értelmezzük az 1.5.F9. ábrán, illetve az 1.5.F11. ábrán.

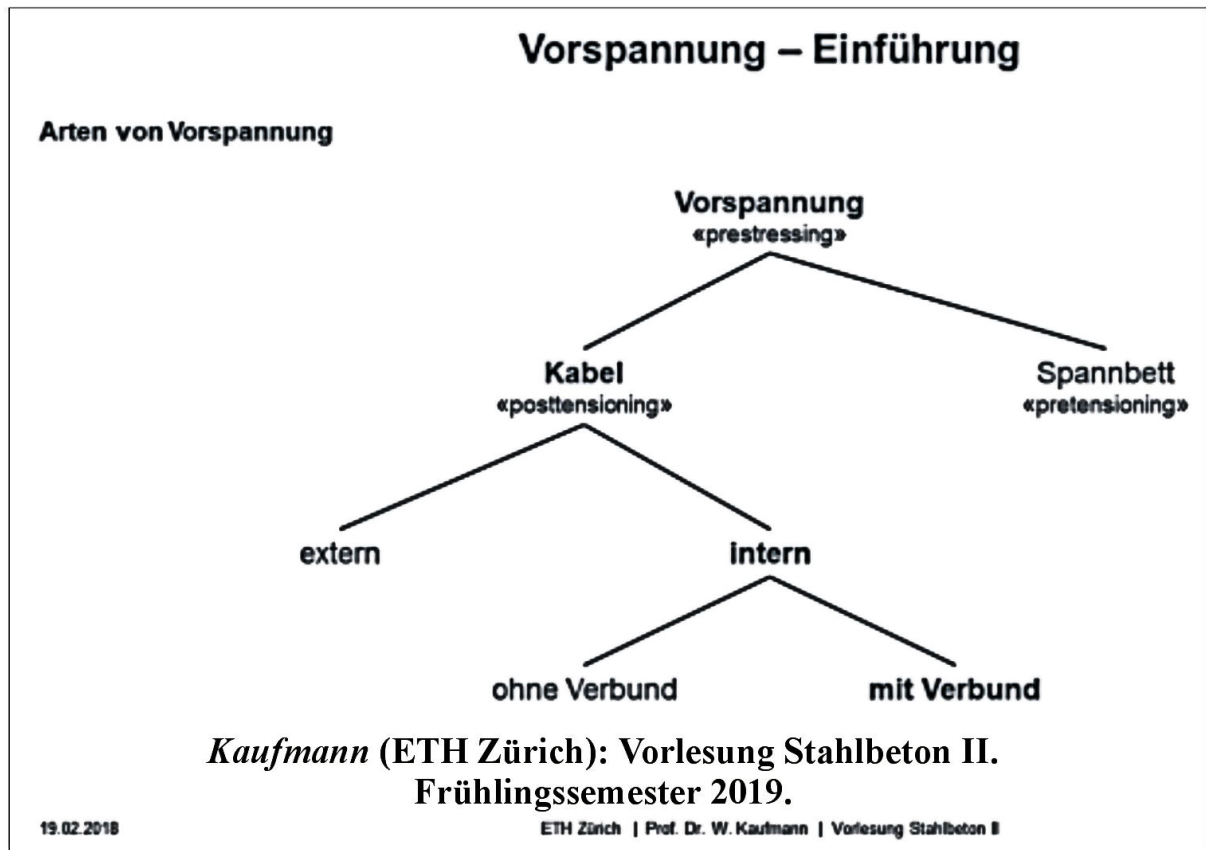


Gefßner et al., Beton-Kalender 2107. Band I. Bild 7.: Gebräuchliche Arten der Vorspannung mit Spanngliedern

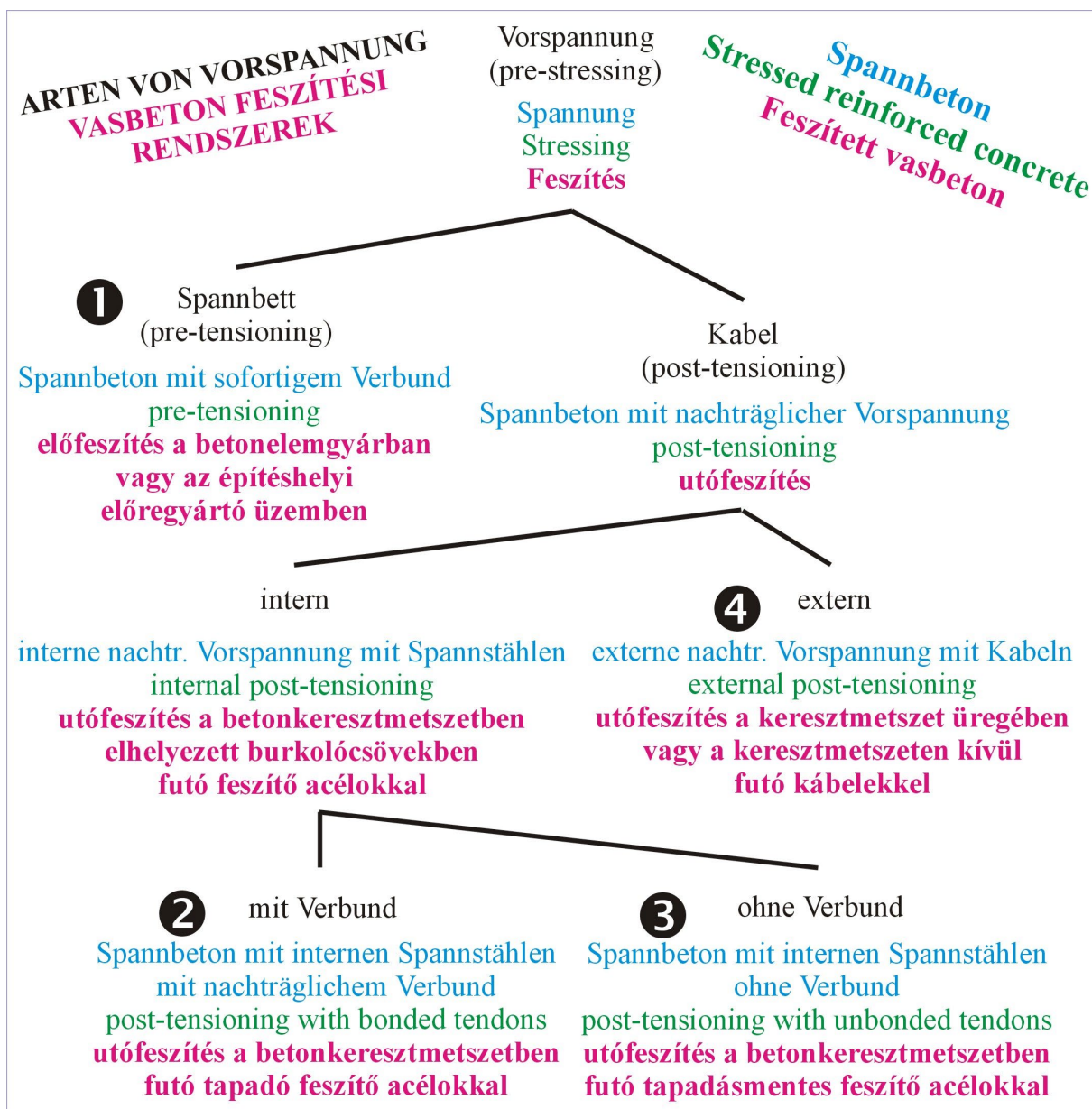
1.5.F8. ábra: A Beton-Kalender 2017. évi 1. kötete „Arten der Vorspannung” című I/4. fejezetének „Gebräuchliche Arten der Vorspannung mit Spanngliedern” aláírású 7. ábrája (*Gefßner et al., 2017*)



1.5.F9. ábra: A Beton-Kalender 2017. évi 1. kötete „Arten der Vorspannung” című I/4. fejezete „Gebräuchliche Arten der Vorspannung mit Spanngliedern” aláírású 7. ábrájának (Geßner et al., 2017) értelmezése. A hivatkozott eredeti ábra könyvünk 1.5.F8. ábrája.



1.5.F10. ábra: Kaufmann (2019) – a Zürichi Műszaki Főiskolán (ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) 2019 tavaszán tartott – előadásának a feszítési rendszereket bemutató ábrája



1.5.F11. ábra: Kaufmann (2019) – a Zürich-i Műszaki Főiskolán (ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) 2019 tavaszán tartott – előadása feszítési rendszereket bemutató ábrájának értelmezése. A hivatkozott eredeti ábra könyvünk 1.5.F10. ábrája.

Az 1.5.F8. – 1.5.F11. ábra talán legfőbb tanulsága, hogy az idegen nyelvű kifejezések értelmezése (magyar nyelvre fordítása) előtt mindig célszerű az idegen nyelvű kifejezés jelentés-tartalmát a szövegkörnyezetben ellenőrizni, megvizsgálni.

A vasbeton feszítési rendszerek fogalmakörét illetően az 1.5.F8. és 1.5.F10. ábrán. látni, hogy német nyelvterületen az „előfeszítés” → „Vorspannung” fogalma (olykor angolul is → „pre-stressing”) a hazai szóhasználatnál tágabb, hiszen magában foglalja az utófeszítést (nachträgliche Vorspannung) is. Megjegyzendő, hogy a „nachträglich” jelzővel nem csak az utófeszítést, hanem sokszor az „utólagos feszítést” is kifejezik (Geßner et al., 2017).

Német nyelvterületen az „utófeszítés” → „Nachspannung” kifejezésen a feszített vasbetonszerkezetek tapadásmentes feszítő pászmái és kábelei csökkent feszítőerejének utólagos növelését, beállítását értik (lásd például: <https://www.recknagel-online.de/mehr/lexikon/> vagy <https://www.beton-campus.de/2012/11/spannbeton/>). Ismeretes, hogy az acél feszítő pászmák és kábelek a használati élettartam alatt folyamatosan ernyednek (ernyedés latinul: relaxáció), feszítőerejükből veszítenek, amit tapadásmentes feszítő acélok

esetén „utólagos feszítéssel” pótolni lehet. Ezt az „utólagos feszítést” ne tévesszük össze az „utófeszítéssel”.

Az irodalomban – például: (*Standfuß*, 1998), (*Dinges*, 2009), (*Sanabra-Loewe* et al., 2014), (*Sehlström*, 2019) – a feszített vasbetonszerkezetek készítése, illetve a tartószerkezeti feszítés előhírnökeként mások mellett az amerikai *Stephen Harriman Long* (szabadalmának kelte: 1830 és 1839), az amerikai *Peter H. Jackson* (szabadalmának kelte: 1886), a német *C. F. W. Doebling* vagy *Döhring* (szabadalmának kelte: 1888), a német *Mathias Koenen* (szabadalmának kelte: 1907), a cseh *Karl Wettstein* (szabadalmának kelte: 1921) nevét említik. Az első korszerű feszített vasbetonszerkezetek legnevesebb tervezői *M. E. L. Freyssinet*⁷⁸ francia, *Franz Dischinger*⁷⁹ német és *Gustave Magnel*⁸⁰ belga építőmérnökök voltak.

Lásd még: Előregyártott beton, Ernyedés

Feszítőacél

Angolul: steel for prestressing of concrete

Németül: Spannbetonstahl

A feszítőacélokat előregyártott feszített vasbetonelemek és monolit feszített vasbeton szerkezetek, szerkezeti elemek készítéséhez használják. A feszítőhuzalok (ötvöztelen acélhuzalok) széntartalma 0,45-0,80 tömeg%, tehát nem hegeszthetők. A feszítőhuzalok és feszítőpázmák igen érzékenyek a feszültségkorrózióra; azonos korróziós hatás esetén a feszítőacél károsodása a betonacél károsodásánál már csak nagyobb fajlagos felületüknel fogva is sokkal jelentősebb. (*Palotás*, 1979. 2. kötet), (*Erdélyi* et al., 1998)

A feszítőhuzalok (prEN 10138-2:2000) és a feszítőpázmák (prEN 10138-3:2000) acélhuzaljai hideghúzással készülnek, de a jobb alakíthatóság és a nagyobb szilárdság érdekében húzás előtt a melegen hengerelt acélt hőkezelik, patentírozzák (patentálják → patentálás). A patentírozásnál a huzalt A_{c3} (911-912 °C) hőmérséklet fölé melegítik, majd ólom- vagy sófürdőn áthúzva 450-550 °C hőmérsékletre hűtik. Néhány perces hőntartás után levegőn lehűtik és dobokra felcsévélik; tekercsben hozzák forgalomba. Patentírozással az acél

⁷⁸ *Marie Eugène Léon Freyssinet* (1879, Objat – 1962, Saint-Martin-Vésubie) francia mérnök. A párizsi Ecole des Ponts et Chaussées főiskola tanulója volt. Első feszített vasbeton ívhídját 1907-ben építette meg, amelyet 1910-1911 között több is követett a franciaországi Allier folyó felett. Hídjain 1911 tavaszán a zsugorodás és kúszás jelenségére lett figyelmes, majd 1928-ban felismerte, hogy azok feszítőerő-csökkentő hatását legalább 400 N/mm² nagyságú feszítéssel tudja kiegyenlíteni. 1917-ben feltalálta a beton mechanikai tömörítését. Feszítési eljárásait számos kísérlet elvégzése után 1928-1936 között szabadalmaztatta. Megalapította az első előregyártó-üzemet, amelyben különféle előfeszített vasbetonelemeket gyártottak. 1921-1923 között Orlyban léghajóhangárokat, 1925-1929 között Bretagne-ban az Elorn folyó felett 3×172 m feszőtávolságú ívhídat, 1930-ban Le Havre-ban pályaudvarépületet épített, 1936-ban Algériában, 1941-ben Tunéziában, 1952-1953-ban Venezuelában is tevékenykedett.

⁷⁹ *Franz Dischinger* (1887, Heidelberg – 1953, Berlin) német építőmérnök. *F. Dischinger* 1907 és 1911 között a karlsruhei Technische Hochschule hallgatója volt, ahol kitüntetéssel diplomázott. 1913 és 1933 között Wiesbaden-Biebrichben a Dyckerhoff & Widmann építőipari cégnél dolgozott statikusként. 1933-ban a Berliini Technische Hochschule „Massivbau” tanszékének professzora lett. *Dischinger* nevéhez fűződik a Saale folyó feletti pontonhidat felváltó alslebeni, 1928 decemberében átadott feszített vasbeton ívhíd tervezése. Előfeszítési módszere tette lehetővé 1937-ben a németországi Aueban a 69 m feszőtávolságú vasútállomási felüljáróhid megépítését. Nevezetes építményei közé tartozik továbbá a Frankfurt am Maini (1926-1928), a lipcei (1927-1929), a baseli (1929) nagyvasárcsarnok, a koblenzi (1932-1934), a strömsundi (1953-1956) híd.

⁸⁰ *Gustave Mangel*, teljes nevén *Gustaaf Paul Robert Magnel* (1889, Essen, Belgium – 1955, Gent) belga építőmérnök, 1937-től Genti Egyetem professzora. A Genti Egyetem anyagtudományi laboratóriumának vezetésével 1919-ben bízták meg, ahol a feszített vasbetonszerkezetek kutatásával foglalkozott. Tervei alapján épült meg nem csak Belgium első feszített vasbetonhídja, a Maas Bridge Sclayn (1948), hanem az USA első feszített vasbeton hídja, a philadelphia-i Walnut Lane Memorial Bridge közúti híd (1951) is. A vasbeton feszítéséről számos tankönyvet és folyóiratcikket írt.

nyújthatósága mintegy 80%-kal növekszik, és hideghúzással a szakítószilárdsága 2500-3000 N/mm² értéket is elérhet. (Palotás, 1979. 2. kötet)

A hidegen húzott feszítőhuzalokon kívül *stabilizált* betonfeszítő huzalokat, három- és héteres feszítő pászmákat is gyártanak. Az eljárás abból áll, hogy a folyamatosan haladó huzalt mintegy a szakítóerő felével megfeszítik, és ebben az állapotban termomechanikus kezelést végeznek. Ezáltal a feszítőhuzal folyáshatára és szakítószilárdsága megnő, relaxációja csökken, beépítési feszültségállapota tartósabb lesz. A relaxáció, más néven ernyedés, a kúszás fogalmának inverze (megfordítottja), amely a feszítőerő lassú csökkenését jelenti gátolt alakváltozás mellett. (<https://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/accel-szilardsag.pdf>)

A feszültségcsökkentő izzítást a húzott és ezt követően pászmába sodort huzalokban lévő belső feszültség részleges, vagy teljes megszüntetésére alkalmazzák. Hatására elsősorban a huzal, vagy sodrat (például betonfeszítő pászma) tartós szilárdsági tulajdonságai változnak kedvezően. (Óvári szerk., 1985)

A hideg alakítás során a melegen hengerelt acélból gyártott feszítőacélok elvesztik folyáshatárukat. A feszítőacélok csak a húzószilárdság diagramból (σ - ε görbéből) meghatározható egyezményes folyáshatár és a biztonsági tényező hányadosát képező határszilárdságig vehetők igénybe. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány szerint a feszítőhuzal és a feszítőpászma 0,1% határértékű maradó nyúlásához rendelt egyezményes folyáshatárának biztonsági tényezője 1,15.

Az egyezményes folyáshatár meghatározásához 5 mm névleges átmérőjű feszítőhuzalon, hagyományos módon végzett feszültség-nyúlás mérés (σ - ε görbe felvétel) eredményeire és az eredmények feldolgozására példa az 1.5.F1. táblázatban látható. A $\Sigma\Delta l$ megnyúlás a feszítőhuzalra erősített, két indikátor órás tenzométerrel, 110 mm alaphosszon mért érték. Az 1.5.F1. táblázat ε nyúlás és σ feszültség adataiból a húzószilárdság diagramot (σ - ε görbét) az 1.5.F12. ábrán rajzoltuk meg.

1.5.F1. táblázat: Példa az 5 mm névleges átmérőjű hidegen húzott feszítőhuzal indikátor órás erő-megnyúlás mérési eredményeken alapuló húzószilárdság diagramjára

5 mm névleges átmérőjű feszítőhuzal σ - ε görbe felvételi mérési adatainak feldolgozása								
F , erő	Óraleolvasás, mm		$\Sigma \Delta l_{\text{bal}}$	$\Sigma \Delta l_{\text{jobb}}$	$\Sigma \Delta l_{\text{átl}}$	$\Sigma \Delta l_{\text{javitott}}$	ε	σ
kN	bal	jobb	mm		mm	mm	%	N/mm ²
0	-	-	-	-	-	0,000	0,000	0
6	0,516	0,271	0,000	0,000	0,000	0,164	0,149	305
10	0,629	0,380	0,113	0,109	0,111	0,275	0,250	508
14	0,740	0,490	0,224	0,219	0,222	0,386	0,351	712
18	0,846	0,598	0,330	0,327	0,329	0,493	0,448	915
22	0,953	0,708	0,437	0,437	0,437	0,601	0,547	1118
26	1,068	0,818	0,552	0,547	0,550	0,714	0,649	1322
30	1,143	0,987	0,627	0,716	0,672	0,836	0,760	1525
32	1,302	1,049	0,786	0,778	0,782	0,946	0,860	1627
33	1,472	1,148	0,843	0,768	0,806	1,081	0,983	1678
34	1,770	1,512	1,254	1,241	1,248	1,412	1,283	1729

$$\Delta l_{\text{kezdő,javitott}} =$$
$$= F_{\text{kezdő}} \times \frac{\Sigma \Delta l_{\text{átlag}}}{F}$$

A számpélda esetén:

$$6 \times \frac{0,329 - 0,000}{18 - 6} = 0,164$$

Órák nullázása úgy, hogy az egyes óraleolvasásokból kivonjuk a kezdő óraleolvasást.

Példa:
1,770-0,516=1,254

Előző két oszlop átlaga.

Példa

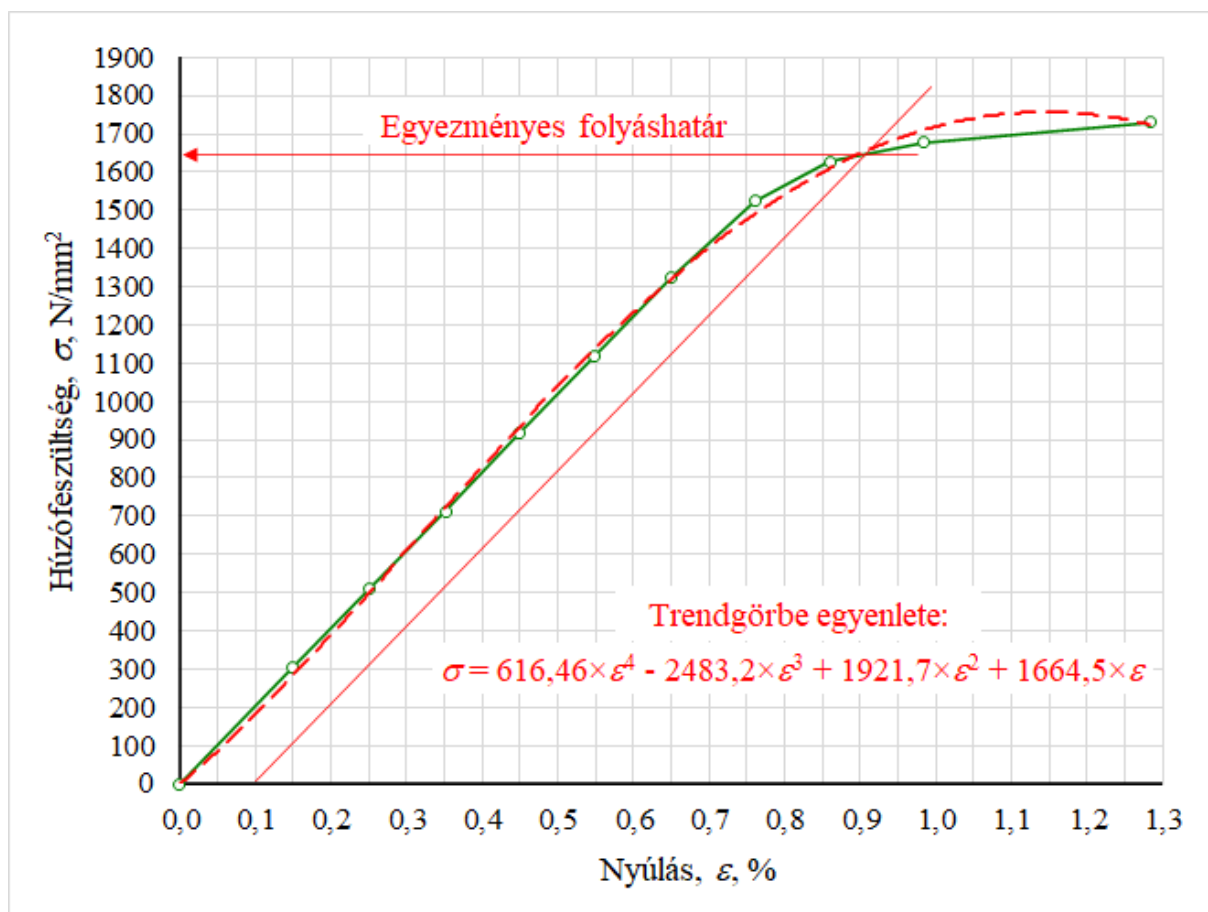
Kezdő nyúlás értékének javítása hasonló három-szögekből.

Példa

$\Sigma \Delta l_{\text{javitott}}$ osztva az L_0 mérési alap-hosszal.

Példa:
 $\frac{1,412}{L_0 = 110} \times 100 = 1,283$

F erő [N] osztva a névleges kereszt-metszettel (19,67 mm²)



1.5.F12. ábra: Példa az 5 mm névleges átmérőjű hidegen húzott feszítőhuzal – indikátor órás erő-megnyúlás mérési eredményeken alapuló – húzószilárdság diagramjára

A mai feszítőacélok betűjele: Y; a jelölésben az Y betűjel után a szakítószilárdság előírt jellemző értéke, ez után feszítőhuzal esetén a C betűjel, háromeres feszítópáaszma esetén az S3 jel, héteres feszítópáaszma esetén az S7 jel, rudak esetén a H betűjel, a jel végén pedig a névleges átmérő és a felületképzésre utaló jel áll. A feszítőacélok szilárdsági tulajdonságait a prEN 10138-1:2000 szabványtervezet szerint általában a szakítóerő előírt jellemző értékével (F_m), a 0,1%-os egyezményes folyáshatárhoz tartozó húzóerő mért jellemző értékével ($F_{p0,1}$), ezek viszonyával ($F_{p0,1}/F_m$); feszítőhuzalok (prEN 10138-2:2000), feszítópáaszma (prEN 10138:2000) és feszítőrudak (prEN 10138-4) esetén ezek szilárdsági értékével fejezik ki. Feszítőhuzal esetén a 0,1%-os egyezményes folyáshatárhoz tartozó feszültség mért jellemző értékének ($R_{p0,1}$) és a szakítószilárdság előírt jellemző értékének (R_m) hányadosa ($R_{p0,1}/R_m$) legalább 0,86 legyen. A jellemző értéket $p = 0,95$ alulmaradási hányad mellett számítják. A prEN 10138-2:2000 (E DIN 10138-2:2000) szabványtervezet, illetve a prEN 10138-3:2000 (E DIN 10138-3:2000) szabványtervezet szerint a feszítőhuzalok legnagyobb terheléshez tartozó nyúlása legalább 100 mm eredeti jeltávolságon (L_0) mérve, illetve a feszítópáaszma legnagyobb terheléshez tartozó nyúlása legalább 500 mm eredeti jeltávolságon (L_0) mérve érje el az $A_{gt} = 3,5\%$ értéket. Az 1.5.F2. táblázatban példák találhatók a feszítőacélok szabványos jelére és elvárt szilárdsági tulajdonságaira.

1.5.F2. táblázat: Példa a feszítőacélok korábbi és mai szabványos jelére, előírt egyezményes folyáshatárára és szakítószilárdságára

Termékszabvány jele	Példa a feszítőacél jelére ^{1) 2)}	0,1 %-os egyezményes folyáshatár jellemző értéke N/mm ²	Szakítószilárdság jellemző értéke N/mm ²
Hidegen húzott feszítőhuzal feszített vasbeton szerkezethez			
MSZ 5720:1979 Visszavont	1750.Ø MS ⁴⁾	legalább 1520	legalább 1750
MSZ 5720:1993	1770.Ø S ⁵⁾	legalább 1520	legalább 1770
prEN 10138-1:2000 ³⁾ (E DIN 10138-1:2000) prEN 10138-2:2000 ³⁾ (E DIN 10138-2:2000)	Y1770C-Ø ⁶⁾ Y1860C-Ø ⁶⁾	legalább 1520 legalább 1600	legalább 1770 legalább 1860
Háromeres feszítőpászma feszített vasbeton szerkezethez			
prEN 10138-3:2000 ³⁾ (E DIN 10138-3:2000)	Y1860S3-Ø ⁶⁾ Y1960S3-Ø ⁶⁾	legalább 1600 legalább 1680	legalább 1860 legalább 1960
Héteres feszítőpászma feszített vasbeton szerkezethez			
MSZ 465:1987	F _p Ø/1860 ²⁾	legalább 1560	legalább 1770
prEN 10138-3:2000 ³⁾ (E DIN 10138-3:2000)	Y1770S7-Ø ⁶⁾ Y1860S7-Ø ⁶⁾	legalább 1520 legalább 1600	legalább 1770 legalább 1860
Megjegyzés: ¹⁾ Az acélok, betonacélok és feszítőacélok acélminőségi jeleinek magyarázata az MSZ EN 10027-1:2017, az acéljelölések számrendszerének magyarázata az MSZ EN 10027-2:2015 szabványban található. ²⁾ Ø = Névleges átmérő mm-ben. Szokásos jele továbbá: <i>d</i> ³⁾ Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok című szabvány EN 10138 (prEN 10138:2000) szabványsorozat szerinti feszítőacél alkalmazását írja elő. ⁴⁾ MS a jel végén = Megeresztett (hőkezelt) sima kivitel, ma már nem járatos ⁵⁾ S a jel végén = Stabilizált kivitel ⁶⁾ A prEN 10138 európai szabványtervezet sorozatban C a feszítőhuzal jele, S a pászma jele a huzalok számával (valamint H a melegen hengerelt rúd jele). A prEN 10138 európai szabványsorozat-tervezetet Németországban E DIN 10138 jelzettel 2000-ban szabványtervezetként bevezették; az E betűjel az Entwurf = tervezet szó rövidítése.			

Az 1912-ben a Magyar Acélsodrony-, Drótművek és Kötélgyár Deichsel A. néven alapított, több tulajdonosváltáson és termékkínálat változtatáson átesett miskolci D&D Drótárú Zrt. napjainkban hidegen húzott feszítőhuzalokat, stabilizált feszítőhuzalokat és háromeres, valamint héteres (három szál és hét szál) stabilizált betonfeszítő-pásmákat gyárt MSZ EN ISO 16120-2:2017 szabvány szerinti ötvözetlen acél hengerhuzalból. A gyártmányok

- a hidegen húzott feszítőhuzalokat általában például vasúti aljak, kisebb teherbírású földem gerendák, áthidalók;
- a stabilizált feszítőhuzalokat a magasabb műszaki igényeket támaztó előregyártott elemek, gerendák, villamos távvezeték oszlopok, nagy-nyomású vasbeton csövek;
- a stabilizált betonfeszítő pásmákat nagy távolságot áthidaló gerendák, hídelemek, nagyméretű feszített elemek, például földemelemek, cölöpök, elő- és utófeszített szerkezetek

készítéséhez használhatók (<http://drotaru.hu/fooldal/1/bevezetes>).

A prEN 10138-4:200 (E DIN 10138-4:200) előszabvány szerinti feszítőrudak anyaga melegen hengerelt acél, vagy gyors hűtéssel, hideg nyújtással, hőkezeléssel, illetve ezek társításával továbbfeldolgozott acél. Betűjele: H, például az 1030 N/mm² szakítószilárdságú feszítőrúd jele:

Y1030H-Ø-P vagy Y1030H-Ø-R, ahol Ø az átmérő és P → plain a sima, R → ribbed a bordázott kialakításra utaló betűjel.

Lásd még: Acélgyártás, Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában, Feszítőpászma sodrás, Feszültségkorrózió, Tenzométer, Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Feszítőacél nyúlása

Lásd: Határozott folyáshatár nélküli fémek nyúlása

Feszítőerő-ráengedéskori betonkockaszilárdság

Ha az előfeszített vasbetontartót tervező statikus mérnök a feszítőerő betonra engedéséhez szükséges betonnyomószilárdságot a Ø150×300 mm méretű próbahengereken értelmezett, „adott idejű” $f_{ck,cyl}$ nyomószilárdsági jellemző értékkel (karakterisztikus értékkel, küszöbszilárdsággal) írja elő, akkor a vizsgálati/ellenőrző próbakockáknak a megkövetelt jellemző értékhez tartozó, 150 mm élhosszúságú, végig víz alatt tárolt próbakockákon értelmezett, „adott idejű” $f_{cm,cube}$ átlagos nyomószilárdsága kiszámításához ismerni kell a beton nyomószilárdságának a feszítőerő-ráengedéskori $t \times s$ alulmaradási tágasságát, ahol t a próbakockák számától függő *Student*-féle alulmaradásitényező és s a szórás.

Az „adott idejű” kifejezéssel arra utalunk, hogy esetünkben a feszítőerő-ráengedéskori vizsgálati/ellenőrző próbakockákat nem 28 napos korban, hanem közvetlenül a feszítőerő betonra engedése előtt kell eltörni.

Az alulmaradási tényezőre vonatkozólag megjegyezzük, hogy az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a szabvány P melléklete a 100 év tervezési élettartamú betonok tekintetében előírás és alkalmazása kötelező, azaz **feszített vasbetontartók, hídgerendák és hasonló szerkezeti elemek esetén a beton átlagos nyomószilárdságának és jellemző értékének (karakterisztikus értékének) összefüggésében ($f_{cm} = f_{ck} + t \times s$) alulmaradási tényezőként (t) kötelező a *Student*-tényezőt alkalmazni (1.5.F3. táblázat).**

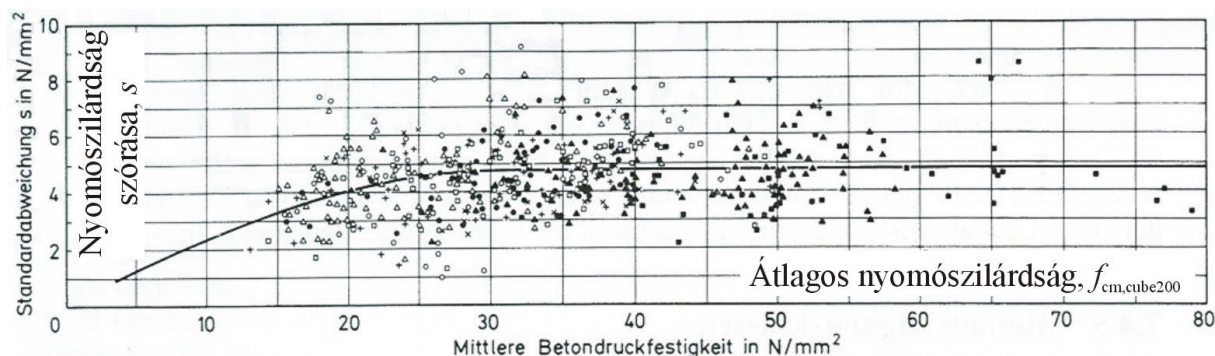
1.5.F3. táblázat: A *Student*-féle alulmaradási tényező (t) értéke az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Próbatestek száma, n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
<i>Student</i> -tényező, t	–	6,314	2,920	2,353	2,132	2,015	1,895	1,833	1,729	1,699	1,645

Mint hogy a beton tervezése idején nincs adat sem a vizsgálati próbatestek számáról (n , amelytől a t alulmaradási *Student*-tényező függ), sem a beton nyomószilárdsági szórásáról (s), ezért az alulmaradási tágasság ($t \times s$) értékét meg kell becsülni.

Az irodalomban gyakran hivatkoznak *Rüsch* és szerzőtársai több, mint 50 évvel ezelőtt végzett kísérleteinek eredményére, amely több, mint kétezer, a világ különböző tájain lévő építéshely 590 darab B 300 (mai C20/25 – C25/30) nyomószilárdsági osztályú és 1439 darab B 450 (mai C30/37 – C35/45) nyomószilárdsági osztályú beton egyedi vizsgálati eredményének értékelésén alapult.

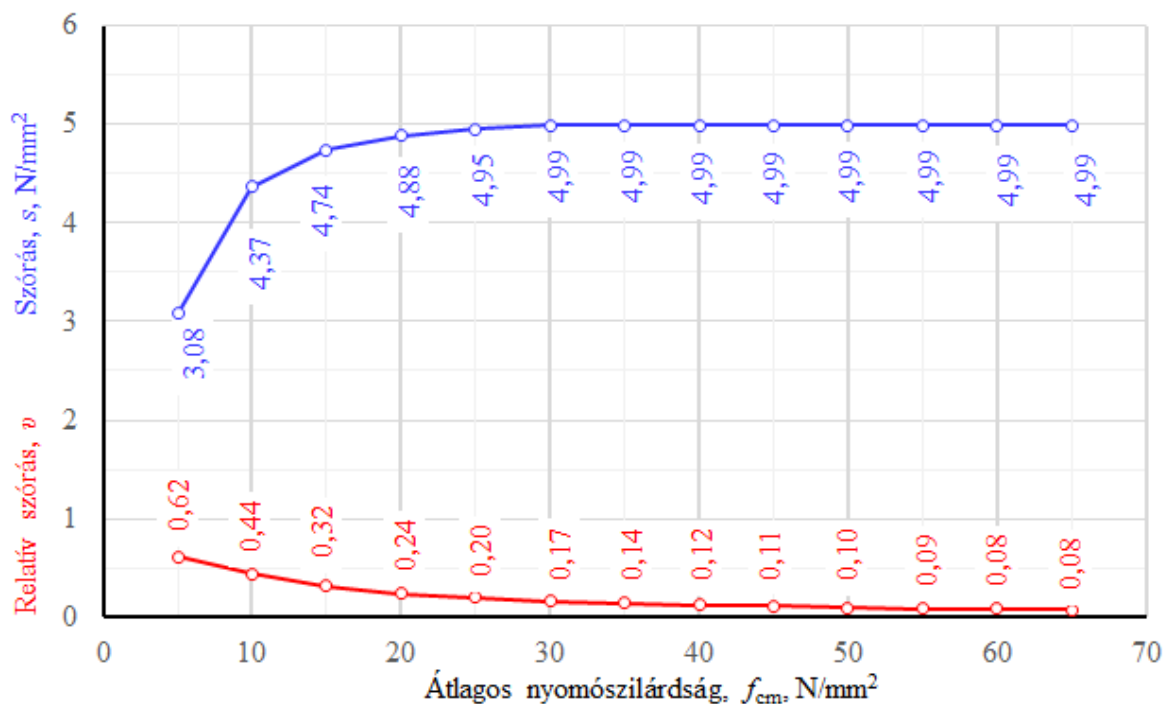
A *Rüsch* és szerzőtársai (1969) arra a következtetésre jutottak, hogy az építéshelyi betonok nyomószilárdságának szórása voltaképpen a víz-cement tényező szórásának a következménye, és a nyomószilárdság szórása 30 N/mm² átlagos nyomószilárdság felett lényegében független az átlagértéktől, gyakorlatilag konstans ($s_{cube} = 4,99 \sim 5$ N/mm²), (1.5.F13. és 1.5.F14. ábra).



1.5.F13. ábra: Az építéshelyi betonok nyomószilárdságának s szórása a beton f_{cm} átlagos nyomószilárdsága függvényében (Rüsch et al., 1969), (Grübl et al., 2001)

A Rüsch-féle összefüggés alapján úgy tűnik, hogy a feszítőerő ráengedéskorra előírt $f_{ck,cyl} = 36$ N/mm² jellemző értékű (és $f_{cm,cyl} > 36$ N/mm² átlagértékű) beton nyomószilárdságának szórása megegyezik az $f_{ck,cyl} > 36$ N/mm² jellemző értékű és az $f_{cm,cyl} \gg 36$ N/mm² átlagértékű beton szórásával, azaz a végtelen darabszámú próbahenger nyomószilárdságának alulmaradási tágassága az Eurocode 2 szerint a feszítőerő ráengedéskor is 8 N/mm².

Ha a Rüsch-féle szórás-függvényre trendgörbét fektetünk és megszerkesztjük a relatív szórás trendgörbéjét is (1.5.F14. ábra), akkor azt látjuk, hogy Rüsch szerint – mint fenn említettük, az Eurocode 2 szerint is – a kisebb átlagos nyomószilárdságú betonok relatív szórása (V_x , szórás/átlag) nagyobb, a nagyobb nyomószilárdságú betonok relatív szórása (V_x , szórás/átlag) pedig kisebb érték, ha különböző nyomószilárdsági végértékű betonok szórását, illetve relatív szórását vetjük össze.



1.5.F14. ábra: Az építéshelyi betonok nyomószilárdságának s szórása és V_x relatív szórása a beton próbakockákon értelmezett $f_{cm,cube}$ átlagos nyomószilárdsága függvényében Rüsch és szerzőtársai (1969) után. Lásd még a Normál-eloszlás című szócikket is

Az 1.5.F14. ábrával kapcsolatban megjegyzendő, hogy az előregyártó-üzemekben készített betonok nyomószilárdságának relatív szórása 1-3 százalékkal kisebb, mint az építéshelyen kevert betonoké (Braml, 2010)

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a *különböző feltételek mellett készített, különböző nyomószilárdságú (jellemző értékű) betonoknak* a tervezéskor ismeretlen nyomószilárdsági alulmaradási tágasságát ($t \times s$) a nyomószilárdság jellemző értékétől ($f_{ck,cyl}$) független konstans értéknek tekintve azon feltételezés alapján határozták meg, hogy a vizsgálati próbatestek száma végtelen ($n = \infty$ és ebből $t = 1,645$) és a beton szórása 5 N/mm^2 , és így az alulmaradási tágasság értéke $1,645 \times 5 = 8,225 \sim 8 \text{ N/mm}^2$. Az Eurocode 2 szerinti 8 N/mm^2 alulmaradási tágasság független a beton szilárdságának próbahengeren értett 28 napos kori jellemző értékétől. Az Eurocode 2 szabvány készítői – követve *Rüsch* et al. (1969) felfogását (1.F13. és 1.5.F14. ábra) – feltételezték, hogy a különböző nyomószilárdsági osztályú betonoknak nem csak az alulmaradási tágassága, hanem a szórása is konstans ($s = 5 \text{ N/mm}^2$), relatív szórása ($V_x = s/f_{cm,cyl} = 5/f_{cm,cyl}$) pedig a beton 28 napos kori nyomószilárdsága jellemző értékének ($f_{ck,cyl}$) a függő változója. A nézet, amely szerint a kisebb 28 napos kori szilárdságú beton relatív szórása nagyobb, mint a nagyobb 28 napos kori szilárdságú beton relatív szórása, annak feltételezésével fogadható el, hogy a kisebb 28 napos kori szilárdságú beton szűkebb lehetőségű, gyengébb felkészültségű, kisebb felelősséget vállaló gyártáshelyen készül, mint a nagyobb 28 napos kori szilárdságú beton.

A feszítőerő-ráengedéskori betonkockaszilárdságnak a jellemző értékből való kiszámításához *nem* különböző feltételek mellett (nem különböző betontechnológiai lehetőségek mellett, nem különböző felkészültségi és kockázati szinteken) készített, különböző, 28 napos betonok nyomószilárdságának szórását, hanem valamely *adott, adott feltételek mellett készített beton* különböző idejű nyomószilárdsága szórás-változását kell ismernünk. Ennek megismeréséhez feltételezzük, hogy valamely adott beton relatív szórásának értéke a beton szilárdulási folyamata során nem változik, hanem konstans érték, azaz ugyanakkora a feszítőerő ráengedésekor, mint 28 napos korban.

Tudjuk, hogy az MSZ 4798:2016 szabvány szerint – folyamatos betongyártás esetén – a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengerek és próbakockák (egy szóval próbatestek) nyomószilárdsága szórásának számításba veendő legkisebb értéke, ha a beton nyomószilárdsági osztálya legfeljebb C50/60, akkor $s_{min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$, ha pedig ennél nagyobb (nagyoszilárdságú beton), akkor $s_{min} = 5,0 \text{ N/mm}^2$, azaz például $n = 3$ darab ($t = 2,92$) végig víz alatt tárolt, például C50/60 nyomószilárdsági osztályú vizsgálati próbatest esetén az alulmaradási tágasság számításba veendő legkisebb értéke: $t \times s_{min} = 2,92 \times 3,0 = 8,76 \sim 8,8 \text{ N/mm}^2$, C60/75 nyomószilárdsági osztályú vizsgálati próbatest esetén pedig: $t \times s_{min} = 2,92 \times 5,0 = 14,6 \text{ N/mm}^2$ (1.5.F3. táblázat).

Így adódik, hogy például C50/60 nyomószilárdsági osztályú beton esetén a víz alatt tárolt 28 napos korú $n = 3$ darab próbakocka átlagos nyomószilárdságának legkisebb számításba veendő értéke $f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81 = (50 + 8,8)/0,81 = 72,6 \text{ N/mm}^2$ (lásd könyvünk „Nyomószilárdság átlagértéke” szócikkét), és legkisebb számításba veendő relatív szórása – függetlenül a beton adott idejű nyomószilárdságától – $s_{min}/f_{cm,cube} = 3/72,6 = 0,041$.

Ugyanígyen gondolatmenettel, például C60/75 nyomószilárdsági osztályú beton esetén a víz alatt tárolt 28 napos korú $n = 3$ darab próbakocka átlagos nyomószilárdságának legkisebb számításba veendő értéke $f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81 = (60 + 14,6)/0,81 = 88,8 \text{ N/mm}^2$ (lásd könyvünk „Nyomószilárdság átlagértéke” szócikkét), és legkisebb számításba veendő relatív szórása – függetlenül a beton adott idejű nyomószilárdságától – $s_{min}/f_{cm,cube} = 5/88,8 = 0,056$.

Ha például a betonra a feszítőerő akkor engedhető rá, ha eléri az $f_{ck,cyl} = 36 \text{ N/mm}^2$ jellemző értéket, akkor ennek $n = 3$ darab, végig víz alatt tárolt C50/60 nyomószilárdsági osztályú próbakocka esetén $f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81 = (36 + 8,8)/0,81 = 55,3 \text{ N/mm}^2$ és $n = 3$ darab, végig víz alatt tárolt C60/75 nyomószilárdsági osztályú próbakocka esetén $f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81 = (36 + 14,6)/0,81 = 60,2 \text{ N/mm}^2$ legkisebb számításba veendő átlagos nyomószilárdság felel meg.

Eszerint a feszítőerő ráengedésekor $f_{ck,cyl} = 36 \text{ N/mm}^2$ követelmény kielégítéséhez a C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonra a feszítőerőt akkor szabad ráengedni, amikor a víz alatt tárolt $n = 3$ darab próbakocka átlagos nyomószilárdsága az $f_{cm,cube} = 55,3 \text{ N/mm}^2$ értéket eléri, a C60/75 nyomószilárdsági osztályú betonra pedig akkor, amikor a víz alatt tárolt $n = 3$ darab próbakocka átlagos nyomószilárdsága az $f_{cm,cube} = 60,2 \text{ N/mm}^2$ értéket eléri.

Ha a próbakockák száma több, mint $n = 3$, akkor a feszítőerő-ráengedéskori legkisebb számításba veendő átlagos kockaszilárdság a fenti – az $n = 3$ próbakocka darabszámhoz tartozó – értékeknél kisebb; ha pedig a próbakockák száma esetleg kevesebb, mint $n = 3$, azaz $n = 2$, akkor a szóban forgó legkisebb számításba veendő átlagos kockaszilárdság a fenti értékeknél sokkal nagyobb.

E szócikkben nem vizsgáltuk, hogy a vizsgálati/ellenőrző próbakockák utókezelésével miként lehet a feszített vasbetonelemnek a feszítőerő-ráengedés előtti utókezelési viszonyait (hő- és hidrotechnikai körülményeit) modellezni.

Lásd még: Nyomószilárdság átlagértke

Feszítőhuzal, feszítópászma, feszítőrúd

Lásd: Feszítőacél

Feszítőhuzal befűződése

Lásd: Kontrakció

Feszítőhuzal kontrakciója

Lásd: Kontrakció

Feszítópászma sodrás

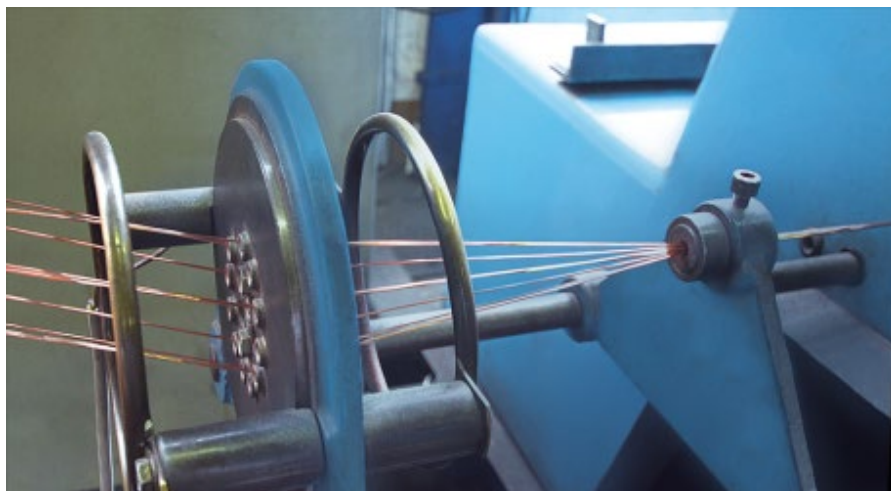
Sodorni angolul: twist

Sodorni németül: verdrillen, verseilen, verlitzen

Tömörítés angolul: compaction

Tömörítés németül: Verdichtung

A sodrás a kábel-, acélkötél-, feszítópászma-gyártás művelete (Verreet, 2018), amelynek során például három vagy hét feszítőhuzalt sodornak feszítópászmává (1.5.F15. ábra).



1.5.F15. ábra:

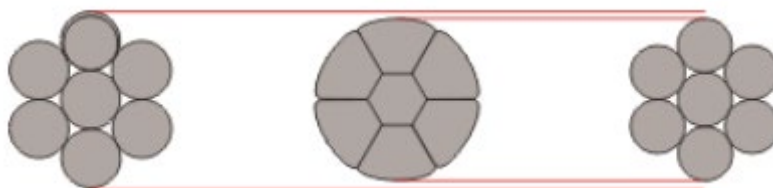
Kábelsodrógép

(Forrás: Mehl, H.:
Wie ein Kabel
entsteht. Teil 2: Das
Verlitzen. Power,
das
Kundenmagazin der
Helukabel Gruppe.
Hemmingen.
Ausgabe 09/2018.
pp. 22-23.)

A héteres feszítópászma érvényes magyar MSZ 465:1987 termékszabványa szerint a feszítópászma sodrathossza (menetemelkedése) a csavarvonal egyszeri körülforogatásával a hossz tengely irányában megtett, a sodraton mérhető távolság. A sodrathossz a feszítópászma névleges átmérőjének 12...16-szorosa legyen.

A prEN 10138-3:2000 (E DIN 10138-3:2000) szabványtervezet szerint a háromeres feszítópáaszma három azonos átmérőjű, a páaszma elméleti tengelye körül a páaszma névleges átmérője 14...22-szeresének megfelelő menetemelkedéssel összesodort feszítőhuzalból áll, a héteres feszítópáaszma esetén pedig hat azonos átmérőjű feszítőhuzalt sodornak a páaszma névleges átmérője 14...18-szorosának megfelelő menetemelkedéssel az azoknál legalább 2%-kal nagyobb átmérőjű, egyenes középső feszítőhuzal köré. Ha a héteres feszítópáaszmat a sodrással egyidejűleg tömörítik, akkor a hét feszítőhuzal azonos átmérőjű.

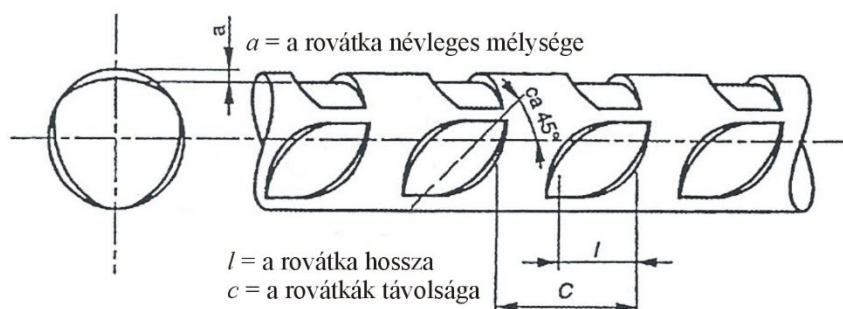
A páaszmaikat, kábeleket, acélköteleket például húzással, hengerléssel, kovácsolással szokták tömöríteni úgy, hogy a huzalok keresztmetszeti területe változatlan marad, miközben az alakjuk és méretük megváltozik, és a páaszma, kábel, acélkötél átmérője csökken (MSZ EN 12385-2:2002+A1:2008), ahogy például az 1.5.F16. ábrán látható.



1.5.F16. ábra: Példa a héteres acélkötél keresztmetszetének tömörítés előtti és utáni alakjára, méretére

Forrás: <https://www.hebezone.de/frame/set/content/docs/33/faq-33-355.html>

A háromeres feszítópáaszma rovátkolt feszítőhuzalait és a héteres feszítópáaszma rovátkolt külső feszítőhuzalait (1.5.F17. ábra) a sodrás előtt kell rovátkolni. (prEN 10138-3:2000, E DIN 10138-3:2000)



1.5.F17. ábra: Rovátkolt feszítőhuzal rovátka-kialakítása (prEN 10138-2:2000, prEN 10138-3:2000, E DIN 10138-2:2000, E DIN 10138-3:2000)

Lásd még: Feszítőacél

Feszültség

Az igénybevétel hatására a tartó keresztmetszetének valamely pontján ébredő, az anyag ellenállóképességéből származó húzó-, nyomó-, nyíróerők felületegységre vonatkoztatott fajlagos értéke, amely eszerint húzó-, nyomó- nyírófeszültség lehet. Mértékegysége: N/mm^2

A feszültségnek a felületelemre merőleges összetevőjét (húzó- nyomófeszültség, jele: σ) normális vagy derék feszültségnek, a felületelem síkjába eső összetevőjét (nyírófeszültség, jele: τ) pedig tangenciális feszültségnek is nevezik. A normális vagy derék feszültség húzó, nyomó vagy hajlító igénybevétel, a tangenciális feszültség nyíró vagy csavaró igénybevétel hatására ébred. (Korányi, 1957, Ujhelyi szerk., 2006).

Eredetük szerint meg szokták különböztetni (Springenschmid 2007) a terhekből származó feszültségeket (Lastspannung), a gátolt alakváltozásból eredő feszültségeket (Zwangsspannung), a sajátfeszültségeket (Eigenspannung), a szövetszerkezeti feszültségeket (Gefügespannung).

Teherből származó feszültséget az állandó teher (a tartó és a tartót terhelő szerkezetek tömege, földnyomás), a hasznos teher (álló, helyben mozgó, mozgó teher), a járulékos teher (hóteher, szélteher, fékező erő) ébreszt.

Gátolt alakváltozásból eredő feszültség kényszer mozgásból eredhet. Gátolt alakváltozás jön létre például a háromtámaszú tartó középső támaszának süllyedése esetén, hőmérséklet változás (például a hidratációs hő távozása; a befogott, határozatlan tartó egyenletes vagy egyenlőtlen felmelegedése külső hatásra) esetén, autogén zsugorodás (alapsugorodásnak is nevezik) és száradási zsugorodás esetén, vízfelvételre vagy kémiai okra visszavezethető duzzadás esetén. Az előregyártott tartó beépítés előtti alakváltozása nem gátolt alakváltozás.

Sajátfeszültség a keresztmetszeten belüli, egymással egyensúlyban lévő hőmérséklet és a nedvesség különbségek, illetve változások hatására keletkezik, és amelyet nem külső erők vagy alakváltozások ébresztenek. Sajátfeszültség például a keresztmetszet peremének lehülése vagy zsugorodása folytán ébredő húzófeszültség a keresztmetszet szélén és nyomófeszültség a keresztmetszet közepén. A gátolt alakváltozásból eredő feszültség sokszor sajátfeszültség, és a kettő nem egyszer együtt lép fel.

Szövetszerkezeti feszültség belső alakváltozási okokból ébred. Szövetszerkezeti feszültséget okoz például, ha lehüléskor a finomhabarcs a durva adalékanyagánál jobban összehúzódik, vagy a fagyhatásra bekövetkező hosszváltozás, a szulfátos duzzadásos betonkorrozó, az adalékanyagok alkálifém-oxid reakciója (alkáli reakció), a rozsdá az acélbetét korrozója esetén (betonfedés lerepesztése).

Feszültség-alakváltozási diagram

Lásd: σ - ε görbe

Feszültségcsökkentő izzítás

Lásd: Acélglyártás

Feszültségkorrozó

A feszültségkorrozó az acélokat, főképp a feszítőacélokat károsító korrozós jelenség, amelynek felléptekor az acélkorrozó mértékét a mechanikai igénybevétel, a feszültség növeli. Az acélban lévő feszültségek egyrészt a kristályhatáron lévő anyag oldási potenciálját növelik (redoxi-folyamat), az acélszemcsék anódokká válnak a szomszédos felületekhez képest, másrészt meggyorsítják a szegregációs (szegregáció = elválás, szétválás, elkülönülés) folyamatokat, és ezek az acél megrepedését idézhetik elő. A feszültségkorrozó lefutása igen gyors és váratlan lehet, sokszor szinte észre nem vehető helyi korrozóiból indul ki. Iránya határozott, a tengelyre merőlegesen gyorsan terjed. Mindig éles bemetszésként ható gyorsan mélyülő maróhatást okoz az acélon, mert a repedések mentén a legnagyobb a feszültség. Ha a korrozós hatás előrehaladása azonos mértékű az acélbetétben és a feszítőacélon, akkor a feszítőacél károsodása azért is nagyobb, mert kisebb a keresztmetszete és nagyobb a fajlagos felülete, mint az acélbetété. (Palotás, 1979. 2. kötet)

Lásd még: Feszítőacél, Redoxi-folyamat

Félfémek

A félfémek csoportjába a periódusos rendszer 13.-17. csoportjában (oszlopában, a régi jelölés szerinti III.-VII. főcsoportjában) a földfémek és nemfémek között helyet foglaló, szilárd halmazállapotú bór (B), szilícium (Si), germánium (Ge), arzén (As), antimon (Sb), tellúr (Te), polónium (Po) és asztácium (At) elem tartozik. A félfémek kémiai tulajdonságai átmenetet képeznek a fémek és a nemfémek kémiai tulajdonságai között. Ezek legfontosabbika a szilícium, amelynek oxidja (SiO_2) a közetek jelentős alkotóanyaga.

Lásd még: Fémek, Nemfémek

Fémek, fémes elemek

Gróh (1940) szerint a fémek (fémes elemek) a pozitív jellemű ionok, amelyeket bázisképzőnek is neveznek. A fémek vegyületeik elektrolízise alkalmával a negatív sarokhoz vándorolnak, és ott az oldatból kiválnak. A fémek vízzel egyesülve bázissá alakulnak. Fémes elem például a kalciumion: Ca^{2+} .

Neumüller és szerzőtársai (2. kötet, 1982) szerint a fémek szűkebb értelemben azoknak a kémiai elemeknek a gyűjtőneve, amelyek tisztán, szilárd állapotban átlátszatlanok és esetenként színesek, nagy fényvisszaverőképességük következtében erősen csillognak, a villamos áramot és a hőt nagyon jól vezetik, képlékenyen alakíthatók, atomrácsot alkotnak, kristályrácsukat a fémes kötés tartja össze stb. A tiszta (ötvözetlen) fémek mindennemű szervetlen és szerves oldószerben oldhatatlanok.

A fémek előfordulása igen gazdag, a ma ismert 118 elem közül 81 a fémek száma. A fémek a periódusos rendszer baloldalán, a régi jelölés szerinti I. II. III. főcsoportban és a mellékcsoportokban helyezkednek el (újabbán a jelölésre oszlopszámokat használnak). Főbb csoportjaik az alkálifémek, alkáliföldfémek, átmenetifémek, földfémek, félfémek.

A fémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással bázissá válnak, ezek a fémek hidroxidjai. Például: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$. Ezzel szemben a nemfémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással savvá válnak (Kenkler, 1980).

Lásd még: Bázisanhidrid, Alkálifémek, Alkáliföldfémek, Átmenetifémek, Földfémek, Félfémek, Nemfémek

Fémek nem tényleges nyúlása

Lásd: Határozott folyáshatár nélküli fémek nyúlása

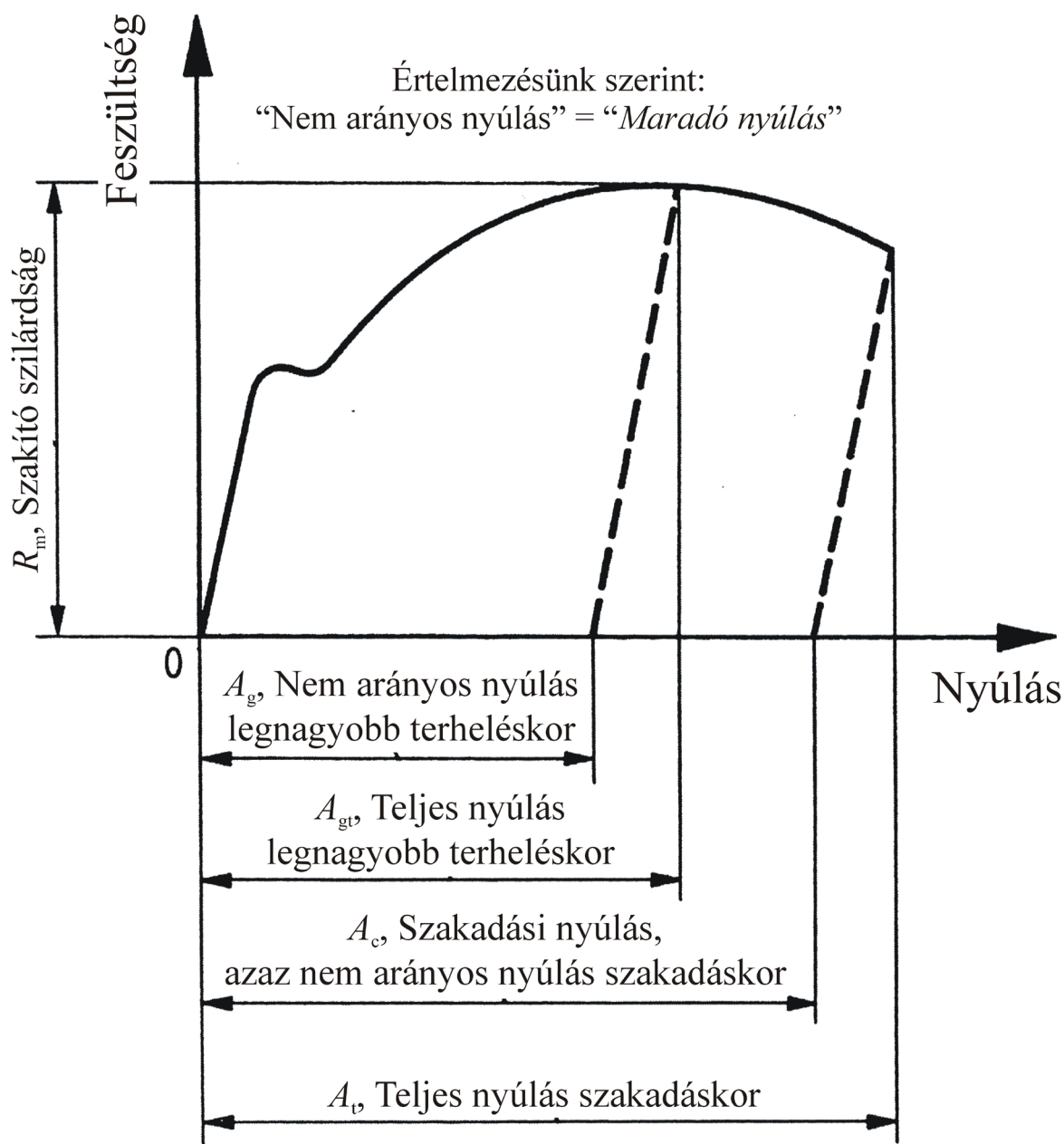
Fémek tényleges nyúlása

A fémek tényleges nyúlását az MSZ EN ISO 6892-1:2020 és részben az MSZ EN ISO 15630-1:2000, a visszavont MSZ 105-1:1987 és a visszavont MSZ EN 10002-1:2001 vizsgálati szabvány alapján a következőképpen szokás csoportosítani (1.5.F18. ábra):

- teljes nyúlás legnagyobb terheléskor (A_{gt})
Lásd: Teljes nyúlás legnagyobb terheléskor;
- teljes nyúlás szakadáskor (A_t)
Lásd: Teljes nyúlás szakadáskor;
- nem arányos nyúlás (képlékeny nyúlás, maradó nyúlás) legnagyobb terheléskor (A_g)
Lásd: Maradó nyúlás legnagyobb terheléskor;
- nem arányos nyúlás (maradó nyúlás) szakadás után vagy röviden: szakadási nyúlás (A)
Lásd: Maradó nyúlás szakadás után (Szakadási maradó nyúlás);
- egyenletes (kontrakció nélküli) maradó nyúlás szakadás után vagy röviden: egyenletes szakadási nyúlás (A_{wn})
Lásd: Egyenletes maradó nyúlás szakadás után, Húzókeménység

A folyás alatti nyúlás szakadás utáni, tehát maradó hosszának (A_e) vagy röviden: a folyási nyúlásnak (maradó folyási nyúlásnak) a meghatározását az MSZ EN ISO 6892-1:2020, a visszavont MSZ 105-1:1987 és a visszavont MSZ EN 10002-1:2001 szabványban tárgyalják.

A fémek alakváltozásával Rejtő Sándor professzor kétkötetes műben foglalkozott (Rejtő, 1919 és 1924), ezek első kiadása 1915-ben jelent meg.



1.5.F18. ábra: Fémek tényleges nyúlása, így a melegen hengerelt betonacél nyúlása legnagyobb terheléskor és szakadáskor (MSZ EN 6892-1:2020, visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001 vizsgálati szabvány).

Megjegyzés: A „nem arányos nyúlás” szóhasználatunkban: „maradó nyúlás”.

Lásd még: Folyási nyúlás, *Lüders*-féle nyúlás

Fémhidrid

Fémhidrid a hidrogén fémekkel alkotott vegyületeinek összefoglaló elnevezése.

Fémoxidok

Lásd: Bázisanhidrid

Fényáteresztőbeton

A fényáteresztőbetont *Losonczy Áron* Gábor Dénes-díjas (2011), Magyar Örökség-díjas (2014), okl. építészmérnök találta fel 2001-ben. A LiTraCon® (Light Transmitting Concrete) és

Litracon Classic® márkanévű, számos külföldi díjjal is elismert „üvegbeton” a fényt a betonon az abba ágyazott optikai üvegszálak millióin vezeti át. Litracon® fényátersztőbetonból készült például a Budapest, I. Szarvas tér északi részén az Attila út és a Krisztina körút határolta zöld területen 2010-ben felállított kitelepítési emlékmű.

A LiTraCon® továbbfejlesztett változata a Litracon pXL® (közismertebb nevén a pixelbeton), amely nem optikai üvegszálakkal, hanem különleges műanyagcsapokon keresztül vezeti át a fényt akár elemméretű betonon is.

Forrás: <https://litracon.hu/hu>

Fészkes beton

Fészkes a kizsaluzott beton, ha a felületén kisebb üregek láthatók.

Lásd még: Bennmaradt levegő, Látszóbeton

Fiatall lövellt beton

A fiatal lövellt beton kora legfeljebb 24 óra, és a szilárdulási sebessége szerint a J1, a J2 vagy a J3 korai nyomószilárdsági osztályba sorolható.

Lásd még: Lövellt beton

Fick-törvények

A Fick-törvények kvantitatív összefüggést fejeznek ki a diffúziós áram és a koncentrációgradiens között. Fick I. törvénye szerint az x helyen lévő A felületen dt idő alatt átáramló részecskék dN száma arányos az A képzeletbeli felülettel, a dt idővel és a dx hosszon lejátszódó dn koncentráció-változással:

$$dN = -D \times A \frac{dn}{dx} dt$$

és Fick II. törvénye szerint a koncentráció időbeli változása arányos a koncentrációgradiens $\left(\frac{\partial n}{\partial x}\right)$ hely szerinti változásával:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}$$

ahol D az anyagi minőségtől függő diffúziós együttható (Szilágyi M. főszerk., 1977).

Lásd még: Diffúzió, Diffúziós együttható, Hidrodinamikai permeabilitás

Fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom

A víz/(cement + $k \times$ kiegészítőanyag) = $M_{\text{víz}}/(M_{\text{cement}} + k \times M_{\text{kiegészítőanyag}})$ alakban felírható víz-kötőanyag tényező kifejezés nevezőjében lévő számérték ($M_{\text{cement}} + k \times M_{\text{kiegészítőanyag}}$), szemben az $1,0 \text{ m}^3$ friss beton tényleges kötőanyagtartalmával ($M_{\text{cement}} + M_{\text{kiegészítőanyag}}$). Ha a k értéke $k \neq 1,0$, akkor a fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom a tényleges kötőanyagtartalomtól eltérő érték.

Lásd még: Hatékony kötőanyagtartalom, k -érték elve, Víz-kötőanyag tényező

Finomsági modulus

A finomsági modulus az adalékanyag szemmegoszlásának jellemzője, amelyet a $0,063 \text{ mm}$ nyílású szitával kezdve a „duplázódó” szitákon fennmaradt összes anyag tömegarányának (tömegszázalék/100), eltérő testsűrűségű adalékanyagok (például homok, agyagkavics, újrahasznosított adalékanyag, vassörét stb.) esetén térfogatarányának (térfogatszázalék/100) összegeként kell kiszámítani. Jele: m .

Lásd még. Abrams-féle finomsági modulus, Tyler-féle szitasorozat

Finombetonmátrix, finombeton

A finombetonmátrix, mint textilszövetkitöltő, -hordozó anyag, összetétele tulajdonképpen habarcsösszetétel, de mechanikai tulajdonságai folytán valójában finom adalékanyagú nagyszilárdságú beton, amelyet például *finomszemcsés betonnak*, *finomszemű betonnak*, *finombetonnak*, *finombetonmátrixnak* (németül: Feinkornbeton, Feinkornbetonmatrix) neveznek. (Lieboldt, 2015), (Scheerer, 2015)

Könyvünkben a finombetonmátrixot általában egyszerűen finombetonnak, a textilszövettel erősített finombetont (finombetonmátrixot) pedig textilbetonnak nevezzük.

A finombeton legfontosabb jellemzője a nagy cement- és finomszem-tartalom. Tapasztalat, hogy a cementpép a textilszövet sokszálas, elméletileg végtelen hosszúságú filamentfonalaiba csak részlegesen képes behatolni; a belső fonalszálak teherhordóképessége sűrűlódással alakul ki, míg a külső fonalszálak a hidratációs termékekkel érintkezve kötnek a finombetonhoz. A fonalszálak közötti, valamint a fonalszálak és finombeton közötti határfelületi erőátadás a néhány mikrométer mélységű impregnálással növelhető. (Lieboldt, 2015)

A finombeton a szokásos eszközökkel homogenizálható, szivattyúzható és lövellhető kell legyen, ezért az alkalmazott felhordási technikától függően a friss finombeton képlékeny, illetve folyós konzisztenciájú. A finombetongyártás a helyszínen gazdaságosan, megbízhatóan és ismételhetően (reprodukálhatóan) nem végezhető, ezért finombetont általában előregyártóüzemben keverik. A kész száraz finombeton-keverék 25 kg-os zsákokban kapható. (Lieboldt, 2015)

A finombeton gyártásellenőrzése a száraz keverék összetevőinek szemmegoszlás-vizsgálatából, valamint a friss és szilárd beton tulajdonságainak meghatározásából áll.

Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagyságát a textilszövet geometriai jellemzői, így a fonalak közötti lyukbőség, a fonalak rácsszerkezete, valamint a textilszövetrétegek közötti távolság és felületi átfedések határozzák meg. A textilszövet kellő átítatása érdekében az adalékanyag legnagyobb szemnagysága a legkisebb ráctávolság (németül: Gitterabstand) 1/5-t, illetve az erősítőfonalak (németül: Verstärkungsfaden) közötti lyukbőség 1/3-t ne lépje túl. Minthogy a gyakorlatban a fonalak legkisebb ráctávolsága átlagosan 10,7 mm, a finombetont többnyire 0,5-2,0 mm, Scheerer (2015) szerint legfeljebb 4 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyagból készítik. (Lieboldt, 2015)

A kész habarcs száraz összetevőinek (angolul: dry components of premixed mortar, németül: Trockenkomponenten von Fertigmörtel) szitavizsgálatát az MSZ EN 12192-1:2002 szabvány szerint kell végezni, amely szerint a mintát a vizsgálati habarcs készítésére módszer adó MSZ EN 1015-2:1999 szabvány szerint kell venni és előkészíteni⁸¹. Az MSZ EN 12192-1:2002 szabvány szerint a mintát – értelemszerűen a szilárdanyag-mintát – a szitavizsgálathoz (105±5) °C, illetve szükség esetén (60±5) °C hőmérsékleten ki kell szárítani. (Lieboldt, 2015)

⁸¹ Az MSZ EN 12192-1:2002 szabvány 6. fejezete szerint a mintát – értelmezésünk szerint a finombeton-mintát, mert egyrészt azt szokás előkeverni, másrészt transzporthabarcsból melegítéssel az ásványi szilárdszemeket összesülés nélkül kinyerni nem lehet – az MSZ EN 1015-2:1999 szabvány szerint kell venni és előkészíteni, ugyanakkor az MSZ EN 1015-2:1999 szabvány tárgya a friss habarcsból való mintavétel, és a friss habarcs-minta előkészítése vizsgálatra.

Az MSZ EN 12192-1:2002 szabvány szerint a 4 mm-nél kisebb lyukbőségű szitákon a szitamaradék g-ban kifejezett m_r megengedett tömegét (1.5.F4. táblázat) a következő képlettel kell kiszámítani:

$$m_r = \frac{A \times \sqrt{d}}{200}$$

ahol:

A = a szitafelület mm²-ben,

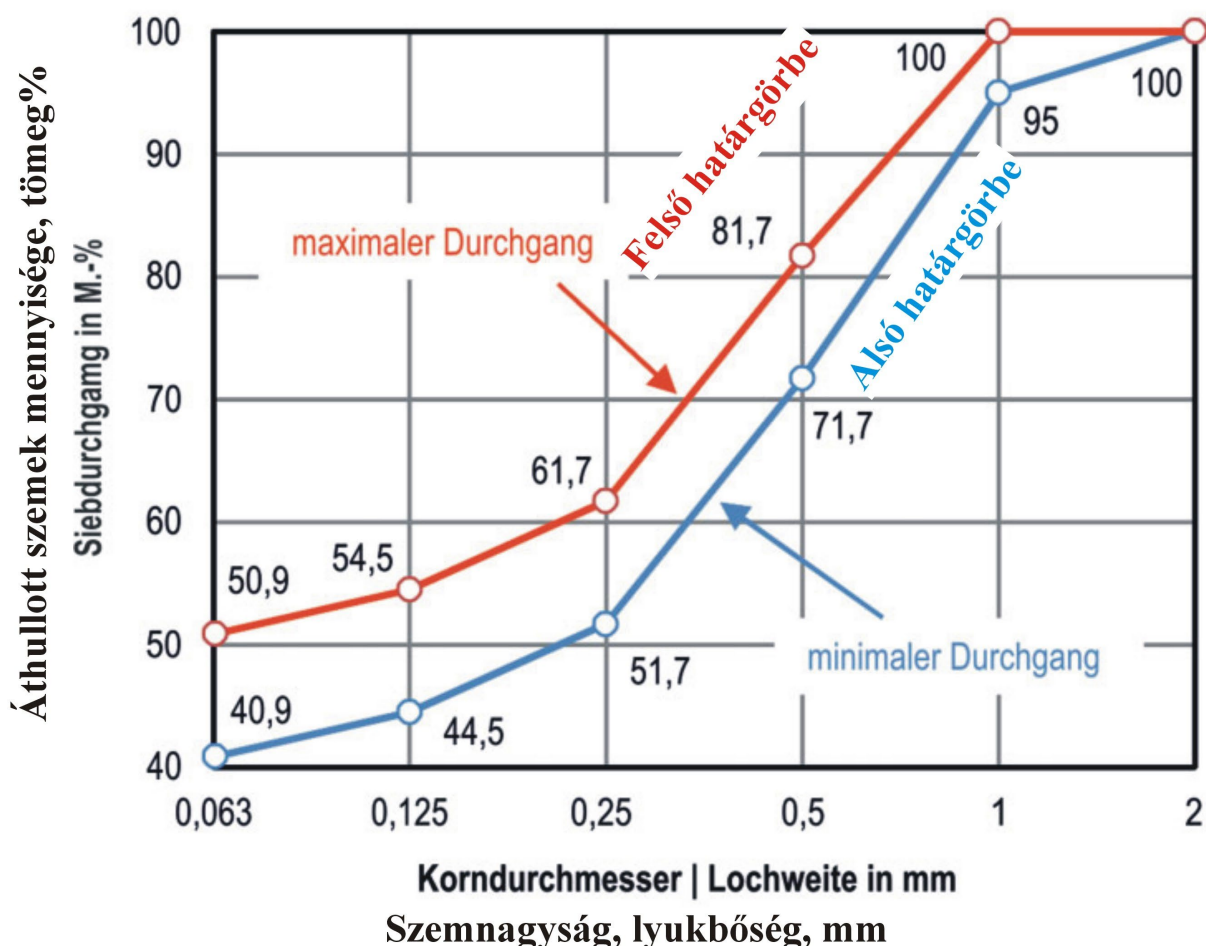
d = a szita névleges lyukbősége mm-ben

1.5.F4. táblázat: A szitamaradék m_r megengedett tömege a finombeton MSZ EN 12192-1:2002 szabvány szerinti szemmegoszlás-vizsgálata során

Négyzetes nyílású szita névleges lyukbősége, $d_{\square}$, mm	Szitamaradék tömege, legfeljebb, m_r , g	
	ha a szita átmérője 100 mm, és a szitafelület $A_{\phi 100} = 7853,982 \text{ mm}^2$	ha a szita átmérője 200 mm, és a szitafelület $A_{\phi 200} = 31415,927 \text{ mm}^2$
2	55,5	222,1
1	39,3	157,1
0,5	27,8	111,1
0,25	19,6	78,5
0,125	13,9	55,5
0,063	9,9	39,4

Előfordulhat, hogy a szita-vizsgálat közben a nagyon finom szemek veszteséget szenvednek. Ha a szita-vizsgálathoz bemért anyag tömege nagyobb, mint a szitákon áthullott anyag tömegének összege, akkor a különbséget a 0,063 mm lyukbőségű szitán átesett anyag tömegéhez kell hozzáadni (MSZ EN 12192-1:2002).

A friss finombeton jó bedolgozhatóságának és az erősítő textíliák egyenletes beágyazásának, megfelelő kötésének biztosítása érdekében, a száraz keverék összes összetevőjének az MSZ EN 12192-1:2002 szabvány szerint vizsgált szemmegoszlási görbéje az 1.5.F19. ábrán megadott határgörbék között folyamatosan fusson. (Lieboldt, 2015)



1.5.F19. ábra: A kiszáritott állapotú előkevert finombeton szemhalmazának (összes szilárd szem keverékének) szemmegoszlási határgörbéi (Lieboldt, 2015)

A finombeton kötőanyagát általában két tömegrész cement (CEM I vagy CSM III) és egy tömegrész puccolán alkotja. A puccolános rész 85-90 tömeg%-ban pernyéből és 10-15 tömeg%-ban szilikaporból (szilárd mikroszilika) áll. A szilikapornak (szemnagysága a cement szemnagyságának mintegy tizede) és a pernyének kis szemnagysága folytán a mikrostruktúra üreges szerkezetében töltő hatása van. A puccolános kiegészítőanyagok és a CSH-fázisok (kalcium-szilikát-hidrát fázisok) jól behatolnak az elméletileg végtelen hosszúságú textilszálak (németül: Filament) közé (németül: Zwickel), és ezzel elősegítik a textilszálak egyenletes beágyazódását a sokszálas, csavart fonalba (angolul: Yarn, németül: Garn). A szilikapor és a pernye jelentősen javítja a textilbetonnak a régi, erősítendő betonhoz való MSZ EN 1542:2000 szabvány szerint vizsgálandó tapadását és a friss finombeton vízmegtartóképességét. A finombeton víz-kötőanyag tényezője (németül: Wasserbindemittelwert) célszerűen 0,3 és 0,4 közé esik, emiatt a friss finombetont bedolgozhatósága érdekében általában polikarboxilat-éter (PCE) alapú folyósító adalékszerrel készítik. (Lieboldt, 2015)

Németországban finombetont például az 1.5.F5. táblázatbeli összetétellel készítettek. A lövellhető, CEM III/B kohósalakcement alapú 1. és 3. jelű keverékeket a lúgálló AR üvegfonalakhoz fejlesztették ki, de alkalmasak szénfonalas textilbeton készítésére is. A 3. jelű keverék egy csökkentett zsugorodású változat, amelyben a kötőanyag adagolást csökkentették az adalékanyag-tartalom (homok-tartalom) javára. A nagyobb korai szilárdságot és nagyobb fagyállóságot biztosító 2. jelű keveréket szénszálak felhasználásához tervezték. (Lieboldt, 2015)

1.5.F5. táblázat: Németországi példa a finombeton összetételére és tulajdonságaira (*Lieboldt, 2015*)

Összetevők	Mértékegység	1.	2.	3.
0/1 mm-es homok	kg/m ³	942,0	1122,4	1122,4
CEM I 32,5 cement	kg/m ³	–	564,8	–
CEM III/B 32,5 cement	kg/m ³	628,0	–	468,4
Mikroszilika szuszpenzió	kg/m ³	100,5	56,6	56,6
Pernye	kg/m ³	265,6	253,1	253,1
Víz	liter/m ³	214,6	221,5	221,5
FM30 (BASF) folyósítószer	liter/m ³	10,5	12,0	–
ACE30 (BASF) folyósítószer	liter/m ³	–	–	3,8
Víz-kötőanyag tényező	–	0,33	0,36	0,42
Testsűrűség (EN 1015-6)	kg/m ³	2,07 - 2,27		
Levegőtartalom (EN 1015-7)	térfogat%	1,5 - 4,5		
A szilárd finombeton tulajdonságai, átlagértékek				
Nyomószilárdság 40×40×160 mm-es hasábon mérve (EN 196-1)	N/mm ²	76	65	54
Hajlító-húzószilárdság 40×40×160 mm-es hasábon mérve (EN 196-1)	N/mm ²	7,1	8,7	9,5
Rugalmassági modulus	N/mm ²	28500	25600	–
Testsűrűség (EN 1015-10)	kg/m ³	1,95 – 2,15		

További példaként a textilbeton készítéséhez német hatósági építésügyi engedéllyel rendelkező – ma már nem egyedüli – zsákolt PAGEL®/TUDALIT® (2014) szárazsz finombeton jellemzői az 1.5.F6. táblázatban találhatók.

1.5.F6. táblázat: A PAGEL®/TUDALIT® (2014) finombeton jellemzői (*Lieboldt, 2015*)

Adat	Mértékegység	Érték
Szemnagyság	mm	0-1
Rétegvastagság	mm	3-30
Vízadagolás, legfeljebb	liter/(25-kg-os zsák)	3,5
Szárazhabarcs (szárazbeton) szükséglet	kg/dm ³	1,9
Friss habarcs testsűrűsége	kg/dm ³	~2,187
Bedolgozhatósági idő 20 °C hőmérsékleten	perc	60
Területi mérték ejtőasztalon mérve (EN 1015-3) 5 perces korban 30 perces korban	mm mm	≥ 170 ≥ 140
Duzzadási mérték (németül: Quellmaß) 24 órás korban 28 napos korban	térfogat% térfogat%	≥ +0,1 ≥ +0,1

Az 1.5.F6. táblázat folytatódik

Az 1.5.F6. táblázat folytatása

Adat	Mértékegység	Érték
Nyomószilárdság 40×40×160 mm-es hasábon mérve (EN 196-1)		
24 órás korban	N/mm ²	≥ 15
7 napos korban	N/mm ²	≥ 40
28 napos korban	N/mm ²	≥ 80
Hajlító-húzószilárdság 40×40×160 mm-es hasábon mérve (EN 196-1)		
24 órás korban	N/mm ²	≥ 3
7 napos korban	N/mm ²	≥ 6
28 napos korban	N/mm ²	≥ 8
Rugalmassági modulus	24 órás korban	N/mm ²
		> 25000

Előírt víz- és folyósítószer-adagolással, valamint megfelelő keverési móddal a képlékeny és lágy konzisztencia közé eső (németül: weichplastisch⁸², területi mértéke: 170-210 mm), konzisztenciájú, tixotróp (rázás, keverés stb. alatt folyósan viselkedő) friss finombetonot kapunk. Az ilyen erősen képlékeny friss finombeton-habarc (vízzel megkevert finombeton) szivattyúzható, és betonszivattyú közbeiktatásával, sűrű-sugaras nedves eljárással (németül: Dichtstromverfahren) rétegesen fellövellhető a megerősítendő betonra, illetve vasbetonra. A sűrű fázisú nedves permetezési eljárással MAWO-fűvókával (<https://www.mawoduese.de>), ≥ 5 bar levegőnyomással, ≥ 5 m³/perc levegőmennyiséggel. A szórófejet a fogadó felületre merőlegesen, attól kb. 50 cm távolságra kell tartani. Az első réteget tapadóhídként az előkészített, érdesített és előnedvesített fogadó felületre kell a legnagyobb levegőáramlás mellett fellövellni, majd a visszahullott finombeton-habarc eltávolítása után erre a rétegre fel kell helyezni és ebbe simítókanállal azonnal kissé be kell nyomkodni a textilszövetet. További rétegeket csökkentett levegőmennyiséggel kell fellövellni, hogy a már felhordott rétegek ne sérüljenek meg. A kívánt számú réteg felhordása után az utolsó textilszövetréteget finombetonréteggel fedjük le, és annak felületet igény szerint kellőssítjük. Az erősen képlékeny konzisztencia a textilszövet kézi laminálását is lehetővé teszi. (Lieboldt, 2015)

A textilbeton erősítés készítése alatt és után a felületeket védeni kell a szél, huzat és napfény okozta vízpárolgástól. Az utókezelést legalább három-öt napig kell végezni. Alkalmazhatók a betonépítésnél szokásos utókezelési eljárások, például vízpermetezés, fóliatakarás, hőfóliázás, nedvességmegtartó fedőlemez felhelyezés vagy – az esetleges további felületkezelési igényekhez (festés/vakolás) alkalmazkodva – akár folyékony utókezelőszerek használata is. (Lieboldt, 2015)

A textilbetonnak a szerkezeten az MSZ EN 1542:2000 szabvány szerint végzett tapadószilárdság-vizsgálata során a meghibásodásnak a régi, megerősített betonrétegben kell bekövetkeznie. (Lieboldt, 2015)

Lásd még: Futóhomokbeton, Homokbeton, Textilbeton

Finompép

Víz és a 0,125 mm-nél finomabb szemek, az úgy nevezett lisztfinomságú szemek keveréke. A szuszpenzióként viselkedő finompép reológiai folyáshatára és dinamikai viszkozitása a finompép mozgékonyosságát alapvetően meghatározó a víz-finomrész tényező függvénye.

⁸² A habarcok konzisztenciáját például a Högerrmann-féle ejtőasztallal vizsgáljuk, amelyen vizsgálva a visszavont DIN 18555-2:1982 szabvány szerint a friss habarc földnedves (steif), ha a terület mértéke < 140 mm; képlékeny (plastisch), ha 140–200 mm és lágy (weich) konzisztenciájú, ha a terület mértéke > 200 mm; a visszavont MSZ 16000-2:1990 szabvány szerint pedig kissé képlékeny, ha a terület mértéke legfeljebb 140 mm; képlékeny, ha 150–200 mm, folyós, ha 210–260 mm és önthető konzisztenciájú, ha a terület mértéke több, mint 260 mm.

A víz és a *finomrész* tömegének hányadosa a víz-finomrész tényező, amely hatással van a finompép reológiai folyáshatására és dinamikai viszkozitására.

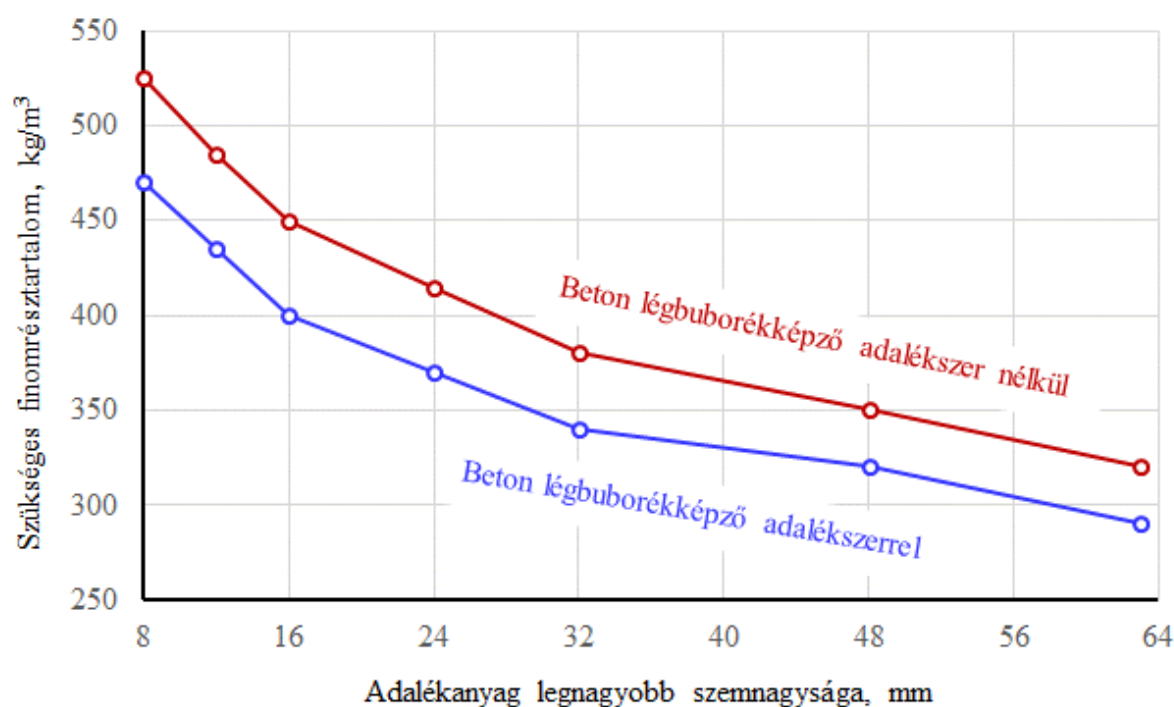
Finomrész

A beton azon szilárd összetevőinek összegét, amelyek szemnagysága $\leq 0,25$ mm finomrésztartalomnak nevezik.

A finomrész a vízzel cementpépet vagy finomhabarcsot képez, amely szuszpenzióként viselkedik.

Az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelvben, az MSZ 4719:1982 szabványban, a MÉASZ-ME-04.19:1995 műszaki előírásban, a MÁV vasúti beton és vasbetonhidak építésére kiadott utasításában (MÁV H. 2. sz. 1984), a TL BetonStB 07 (2007) német szállítási feltételekben a betonkeverék *finomrésztartalmának* a cement és a 0,25 mm alatti finomhomok mennyiségének összegét tekintik.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás szerint vízzáró beton készítéséhez az 1.5.F20. ábra szerinti 0,25 mm alatti finomrésztartalomra van szükség.



1.5.F20. ábra: Szükséges finomrésztartalom (legfeljebb 0,25 mm nagyságú szemek) vízzáró beton készítéséhez a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás szerint

A finomrésztartalommal részletesebben a Beton című könyv M2. mellékletében foglalkoztunk (Kausay, 2013).

Lásd még: Lisztfinomságú szemek

Fizikailag kötött víz

Lásd: Gélvíz

Fluiditás, folyékonyság

A fluiditás a dinamikai viszkozitás, más néven a belső súrlódási tényező (η) reciproka ($1/\eta$). Mértékegysége: $\text{m}^2/(\text{N}\cdot\text{s})$, $1/(\text{Pa}\cdot\text{s})$, $10^{-3}/\text{cP}$

Fokozatos víztelítés

Az MSZ 18284-3:1979 szabvány szerint a fokozatos víztelítés kezdetén a kőanyag (adalékanyag) próbatestet úgy kell a tárolóedénybe helyezni, hogy a víz a próbatest magasságának $\frac{1}{4}$ -éig érjen. Ezután fokozatosan annyi vizet kell a tároló edénybe vezetni, hogy a víz 6 óra alatt lepje el a próbatestet, majd 15 perc alatt a tárolóedényben a víz szintjét további 10 cm-rel meg kell növelni, és a próbatestet így kell tovább tárolni. A visszavont MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint a megszilárdult beton próbatestet 30 mm mélyen kell vízbe állítani és a próbatest vízszint feletti része ne legyen több 200 mm-nél. A víz szintjét óránként úgy kell arányosan emelni, hogy a vizsgálat kezdetétől számított 3 óra múlva a próbatest legmagasabb pontja felett mintegy 10 magasan álljon a víz. A vizsgálat befejezéséig a víz szintjét ezen a magasságon kell tartani.

Folyamatos gyártás

A folyamatos gyártás a kezdeti gyártást követő, legalább 15 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó nyomószilárdság vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, az utolsó vizsgálat előtti legfeljebb 12 hónap hosszú betongyártási időszak (MSZ EN 206:2013+A2:2021).

Folyáshatár

Lásd: Tényleges folyáshatár, Névleges folyáshatár, Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában, Egyezményes folyáshatár a próbatest terheletlen állapotában, Folyáshatár szilárdságtani értelmezése, Folyáshatár reológiai értelmezése

Folyáshatár reológiai értelmezése (folyási feszültség reológiai értelmezése)

A folyáshatár (τ_0) az a nyírófeszültség (τ), amely ahhoz szükséges, hogy a gázok, folyadékok és folyadékszerű anyagok (például szuszpenziók, emulziók, kolloid rendszerek, esetünkben például a cementpép, zöldbeton, öntömörödő beton stb.) folyása meginduljon. E könyvben megkülönböztetésül a szilárdságtani értelmezéstől *reológiai folyáshatár*nak (τ_0) nevezzük. A *Bingham*⁸³-törvény szerint, ha η [Pa·s] a dinamikai viszkozitás és $dv/d\ell$ [1/s] a sebesség-gradiens, akkor a reológiai folyáshatár:

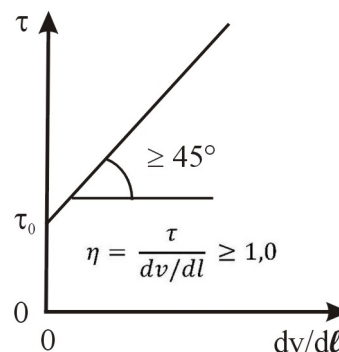
$$\tau_0 = \tau - \eta \times (dv/d\ell).$$

Mértékegysége: Pa

Lásd még: Viszkozitás

⁸³ Eugene Cook Bingham (1878, Cornvall – 1945, Easton) amerikai fizikus, 1916-1945 között az 1826-ban alapított pennsylvaniai Lafayette College egyetem professzora. „Fluidity and Plasticity” című könyve 1922-ben jelent meg, és 2010-ben a Nabu Press (Charleston, USA) reprint kiadásban újra elérhetővé tette. Bingham, aki 1929-ben megalapította a „The Society of Rheology” társaságot, a modern reológia megteremtője.

Az ideálisan képlékeny (plasztikus) testek esetén a folyás megindulásához szükséges, az ábrán (τ_0 ; $dv/d\ell = 0$)-val jelölt nyírófeszültséget a fizikában alsó folyáshatárnak nevezik (τ_a ; $dv/d\ell = 0$). A reálisan képlékeny testek folyásgörbéjének kezdeti szakasza – az ideálisan képlékeny testekétől eltérően – nem lineáris, hanem görbe, és azt a nyírófeszültséget, ahol a görbe lineárisává válik, felső folyáshatár (τ_f ; $dv/d\ell \neq 0$) nevezik. A Bingham-féle ideálisan képlékeny testek az alsó folyáshatár (τ_a ; $dv/d\ell = 0$) felett, a reálisan képlékeny testek a felső folyáshatár (τ_f ; $dv/d\ell \neq 0$) felett követik a newtoni testek folyásának lineáris törvényszerűségét.



A Bingham-féle ideálisan képlékeny (plasztikus) testek folyásgörbéje

Folyáshatár szilárdságtani értelmezése (folyási feszültség szilárdságtani értelmezése)

Folyáshatár angolul: Yield point

Folyáshatár németül: Streckgrenze, Fließgrenze

A határozott folyáshatárú fémeknek (például melegen hengerelt acéloknak) azt a húzófeszültségét, amelyben a fém, illetve acél fajlagos alakváltozása (fajlagos megnyúlás) viszonylag állandó húzófeszültség mellett is növekszik, folyáshatárnak nevezzük. A folyáshatárt elérő feszültség hatására az anyag képlékenyen viselkedik, a képlékeny alakváltozás során az atomsíkok egymáson elcsúsznak, és a jelenséget a rácshibák is befolyásolják. A folyáshatár átmenet a rugalmas és a képlékeny állapot között, amely alatt az anyagban viszonylag állandó húzófeszültség mellett képlékeny alakváltozások lépnek fel. A fajlagos alakváltozásnak ezt a terjedelmét *Saint-Venant*⁸⁴ szakasznak nevezik (*Palotás*, 1979. 1. kötet).

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Jele: f_y (y = yield = folyás)

Lásd még: Folyási nyúlás

Folyási határ

A folyási határ az öntömörödő beton tulajdonsága.

Megjegyzés: Megkülönböztetésül az öntömörödő beton folyási határától, könyvünk szóhasználatára szerint az acélnek folyáshatára van.

Lásd *könyvünk 17.4. fejezetét*.

Folyási nyúlás

Angolul: Percentage yield point extension

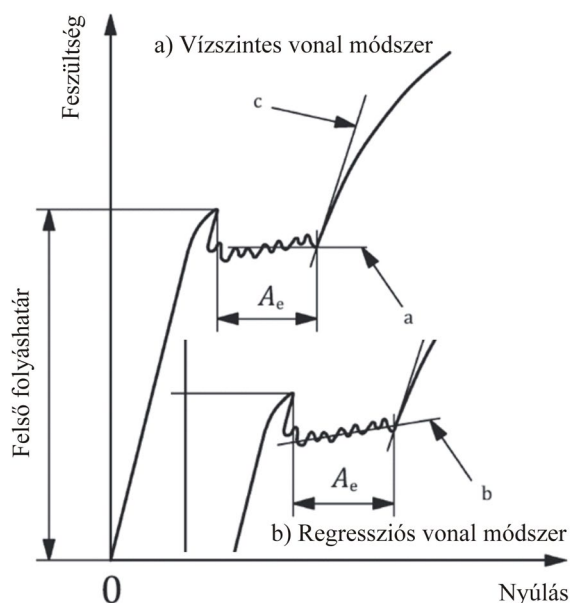
Németül: Streckgrenzendechnung

A fémek szakítóvizsgálatával foglalkozó MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerinti A_e folyási nyúlás a határozott folyáshatárral rendelkező fémek (például a melegen hengerelt acélok) húzóvizsgálati „folyása” alatti nyúlás terjedelmét jelenti, amelyet nem szabad a folyáshatárhoz tartozó nyúlással összetéveszteni (*1.5.F21. ábra*). A folyási nyúlás az acélfolyás végéhez és kezdetéhez tartozó nyúlás különbsége. A folyáshatárt elérő feszültség hatására az anyag képlékenyen viselkedik, a képlékeny alakváltozás során az atomsíkok egymáson elcsúsznak; a jelenséget a rácshibák is befolyásolják. Az acélfolyás végét a felkeményedés kezdetével szokták azonosítani. A nyúlás ezesetben is fajlagos megnyúlás.

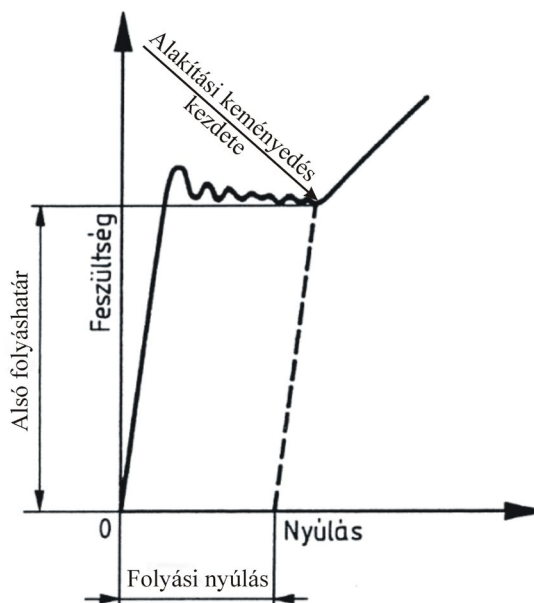
Az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabványt megelőző, visszavont magyar nyelvű MSZ EN 10002-1:2001 szabványban az A_e folyási nyúlást (percentage yield point extension) százalékos maradó folyási alakváltozásnak nevezték.

A fémek szakítóvizsgálatának visszavont MSZ 105-1:1987 szabványában a folyási nyúlást így jellemezték: „A folyás megindulása és az alakítási keményedés kezdete közötti nyúlás, amelyet a feszültség-nyúlás diagramból lehet meghatározni. A folyási nyúlást az eredeti jeltávolság (L_0) százalékában kell kifejezni. Ez az érték az anyag öregedése következtében az idő függvényében változhat.” (*1.5.F22. ábra*)

⁸⁴ *Adhémar Jean Claude Barré de Saint-Venant* (1797, Villiers-en-Bière – 1886, Saint Ouen) francia vízépítő mérnök, matematikus, az École des Ponts et Chaussées egyetem mechanika tanára, a Francia Tudományos Akadémia tagja, az elméleti mechanika tudósa. A rugalmasságtani számításokba bevezette a *Poisson*-tényező használatát. Csavarási feladatokkal kapcsolatos tanulmánya 1855-ben jelent meg. A feszültségek és alakváltozások eloszlására vonatkozó tételét *Saint-Venant*-elvként ismerjük. Megfogalmazta a képlékeny síkbeli alakváltozás alapegyenleteit. (*Bojtár* é.n.)



1.5.F21. ábra: Folyási nyúlás (A_e) az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerint



1.5.F22. ábra: Folyási nyúlás a visszavont MSZ 105-1:1987 szabvány szerint

A fémek fajlagos alakváltozásnak ezt a terjedelmét, amelyben viszonylag állandó húzófeszültség mellett képlékeny alakváltozások lépnek fel, *Saint-Venant* szakasznak nevezik (*Palotás*, 1979. 1. kötet).

Megjegyezzük, hogy a fémek folyási nyúlását *Wilhelm Ludwig Lüders* német vasgyári igazgató és gyártulajdonos után *Lüders*-féle nyúlásnak (németül: Lüdersdehnung), *Lüders*-féle tartománynak (németül: Lüdersberich) is szokták nevezni.

Jele az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabványban: A_e ; a visszavont MSZ 105-1:1987 szabványban a folyási nyúlásnak nem volt jele.

Lásd még: *Lüders*-féle nyúlás

Folyékony acél

Angolul: Liquid steel

Németül: Flüssiger Stahl

Az MSZ EN 10079:2007 szabvány szerint a folyékony acél öntésre alkalmas, az alapanyagok megolvasztásával készített, folyékony állapotú acél, amelyek tekintetében belül meg kell különböztetni a kokillába öntött, a folyamatosan öntött és az öntvények gyártására használt folyékony acélokat.

Lásd még: Acélgyártás

Folyósítható friss beton

Adalékszerrel akkor folyósítható a friss beton, ha a víztartalma (keverővíztartalma) eléri a folyósításhoz szükséges vízigényt.

Lásd még: Kiindulási friss beton, Vízigény, Adalékanyag pépigénye

Folytvas, folyasztott vas, folytacél

Németül: Flußeisen, Flußstahl

A folytvas (folyasztott vas, ömlesztett vas) a kovácsvas egyik típusa, amelyet például *Bessemer*-, *Siemens-Martin*-, *Thomas*-eljárással gyártottak (gyártanak) a XIX. század közepétől. A folytvas és folytacél az olvasztókemencét folyékony állapotban hagyja el, és ezért a – ma már nem gyártott – kavartvassal szemben gyakorlatilag salakmentesnek tekinthető. A

folytvas tulajdonképpen különböző sűrűségű és olvadáspontú ötvözetek tömege. (*Lósy-Schmidt et al.*, 1928)

Míg 1890 körül is még csak 50-50%-ot tett ki a folytvas és a hegeszvas – amely salakszálakkal átszőtt lágyacél kristályrács – használatának mértéke, mert a folytvas akkoriban még magasabb szennyezőanyag tartalma, és ennek következtében a hőkezelésre való nagyobb érzékenysége ekkor még hátrányossá tette a hegeszvasval szemben, addig az 1900-as évek elején már a folytvas uralta a hazai acélpiacon.

A felmérések szerint 1890 előtt csak hegeszvas, 1900 után csak folytvas szerkezetű vasúti hidak épültek hazánkban. Az 1842-44 között épült budapesti Széchenyi Lánchíd láncszemeit hegeszvasból készítették, de 1896-ban a Ferenc József hidat már *Martin*-féle folyasztott vasból és öntött acélból, az 1898-1903 között emelt régi Erzsébet hidat (*1.5.F23. ábra*) szintén folytacélból építették. (*Vidovszky*, 2007)

A hengerelt folytacélok első, 1950-ig érvényben volt MOSz 112:1933 magyar szabványa szerint hazánkban a legnagyobb szilárdságú általános szerkezeti folytacél (jele: A 44.12) megkövetelt szakítószilárdsága (σ_B) 44-52 kg/mm² közé, a legnagyobb szilárdságú hídépítési folytacél (jele: A 50/35.12) megkövetelt szakítószilárdsága (σ_B) 50-60 kg/mm² közé esett és az utóbbi folyáshatára (σ_S) el kellett érje a 35 kg/mm² értéket. Az A 36.12 B jelű betonacél előírt szakítószilárdsága legalább $\sigma_B = 36$ kg/mm² és folyáshatára legalább $\sigma_S = 22$ kg/mm², az A 48.12 B jelű betonacél előírt szakítószilárdsága pedig legalább $\sigma_B = 48$ kg/mm² és folyáshatára legalább $\sigma_S = 28$ kg/mm² volt (*1.5.F24. ábra*).

Megjegyzések:

- A szilárdság mértékegységének értelmezése: $1 \text{ kg/mm}^2 \rightarrow 1 \text{ kp/mm}^2 = 9,81 \text{ N/mm}^2 = 9,81 \text{ MPa}$.
- Feltételezzük, hogy az acél MOSz 112:1933 szabvány szerinti szakítószilárdsága jelében lévő B index a német „Bruchfestigkeit”, a folyáshatár jelében lévő S index a német „Streckgrenze” szóból ered. Napjainkban a németek a „Streckgrenze” és a „Fließgrenze” kifejezésen általában csak a határozott folyáshatárt (például a melegen hengerelt betonacélok folyáshatárát) értik, míg a fémek határozatlan folyáshatárát (például a hidegen húzott betonhuzalok vagy betonacélok folyáshatárát) – mint például az egyezményes folyáshatárt és a névleges folyáshatárt – „Dehngrenze”-nek nevezik.
- Az MOSz 112:1933 szabvány szerinti folytacélok jelben lévő első szám az előírt szakítószilárdság alsó határának értéke kp/mm² mértékegységben, az utolsó szám (esetünkben 12) a szabvány számának utolsó két számjegye.

A korabeli, 1974-ig érvényben volt DIN 488:1939 német szabvány a folytacél anyagú Ø5 mm - Ø50 mm átmérőjű sima hengerelt betonacélokra (Rundstahl gewalzt für Eisenbeton) vonatkozott. A DIN 488:1939 szabvány érdekes módon kizárólag a betonacélok keresztmetszeti területét, folyómétersúlyát és kerületét tartalmazta az átmérő függvényében. E régi német szabványban követelmények még nem voltak; a minőséggel kapcsolatban csak annyit írtak, hogy arra nézve a vasbetonszerkezetek kivitelezésének hivatalos rendelkezései az irányadók.



1.5.F23. ábra: A folytacélból épült régi budapesti Erzsébet híd a XX. század elején. Képes levelezőlap. Fotó: Magyar Rotophot r. t., Budapest VI. (Arcanum, Képeslapok, DVD. Budapest, 2008)

Anyagtulajdonságok.

Minőségi jel	Szakítókísérlet M O Sz 105 szerint				Hajlítókísérlet M O Sz 105 szerint
	Szakító, szilárdság kg/mm ² σ_B	Folyási határ kg/mm ² σ_S	A teljes nyúlás ‰		meghajlítás 180°-ra oly túske körül, melynek átmérője $D = n \cdot a$
			a rövid szabv. v. a rövid arányos pálcán δ_5	a hosszú szabv. v. a hosszú arányos pálcán δ_{10}	

Általános szerkezeti folytácél anyagok:

A 00.12	Az acélnak nem szabad sem hideg, sem vöröstörésűnek lenni, vagyis a pálcák hideg és meleg állapotban azok négyszeres vastagságának megfelelő átmérő körül egészen derékszögig meghajlíthatók legyenek, anélkül hogy repedések mutatkoznának.				
A 34.12	34—42	—	30	28—24	0,5a
A 37.12	37—45	—	25	24—20	a
A 42.12	42—50	—	24	24—20	1,5a
A 44.12	44—52	—	24	24—20	2a

Hídépítési folytácélanyagok:

A $\frac{36}{24}$. 12	36—45	24	—	26—21 h* 24—19 k**	a	Melegen való meghajlítás- nál $D = 0$
A $\frac{49}{29}$. 12	49—58	29	—	19—17 h 17—15 k	2a h* 3a k**	
A $\frac{50}{35}$. 12	50—60	35***	—	20—17 h 18—15 k	2a h 3a k	

Betonvas:

A 36 12 B	legalább 36	legalább 22	—	—	a	—
A 48.12 B	legalább 48	legalább 28	—	—	2a	—

1.5.F24. ábra: Előírások a hengerelt folytácélra az egykori MOSz 112:1933 szabványban

Lásd még: Acélgártás, Hegesztvas, Kovácsvas

Fonalfinomság

A fonalfinomság (fonalerősség) a szálak, rostok hosszegységre vonatkoztatott tömegének kifejezője. Mértékegysége a tex. 1 tex = (1 gramm)/(1000 méter), 1 dtex (decitex) = (1 gramm)/(10000 méter). 1 denier (dönié), rövidítve 1 den 9000 méter hosszú szál tömegét jelenti grammban.

Ha a szál testsűrűsége ismert, akkor a fonalfinomságból a szál sugara kiszámítható:

$$r = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot \rho} \cdot \frac{\text{tömeg}}{\text{hosszúság}}}$$

A fonalfinomság a szálak, illetve rostok szilárdságáról nem ad tájékoztatást.

Földfémek

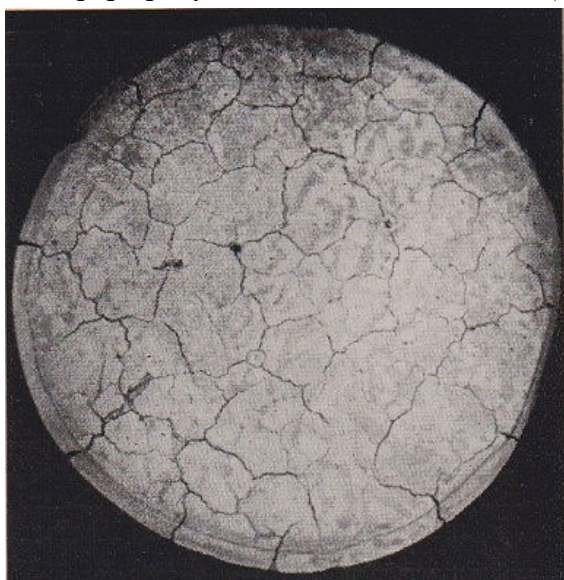
Földfémeknek a periódusos rendszer 13. oszlopának (a régi jelölés szerinti III. főcsoportjának) elemeit nevezik. Vegyértékelektronjaik száma, így vegyértékük 3. A földfémek legfontosabbika a könnyű fémnek számító alumínium (Al).

Főzőpróba

Az MSZ 523:1953, illetve MSZ 523-5:1971 és MSZ 523-5:1975 visszavont szabvány szerinti, valamint a DIN 1164-11:2024 szabvány szerinti főzőpróba a cementek térfogatállóságának vizsgálatára szolgál.

A DIN 1164-11:2024 szabvány a korai kötésű cementekre (FE-Zement, Zement mit frühem Erstarren) és a nagyon gyorsan kötő cementekre (Schnellerstarrender Zement, SE-Zement) vonatkozik, és annak A.2.3 fejezete a nagyon gyorsan kötő cement (SE-Zement; a kötés kezdete: ≤ 45 perc) térfogatállóságának főzőpróbás vizsgálatáról szól, amely akkor alkalmazható, ha a nagyon gyors kötés miatt a térfogatállandóság a *Le Chatelier*-gyűrűvel (MSZ EN 196-3:2017) nem határozható meg.

A főzőpróbát megfelelő összetételű, gyorsfordulattal 15 másodpercig kevert, üveglapon ütögetéssel tömörített, szabványosan – $(24 \pm 0,5)$ órán keresztül $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és legalább 98%-os relatív páratartalom mellett, klímasekrényben – tárolt, mintegy 100 mm átmérőjű, (10-15) mm magas cementpéplepényeken kell végezni. A cementpéplepényeket vízfürdőbe kell helyezni, amelynek vizét (30 ± 5) perc alatt fel kell forralni, majd (180 ± 5) percen át forrásban kell tartani. Ha a forralás után a cementpéplepényeken duzzadási repedések vagy 2 mm-nél nagyobb hibahelyek látszanak (1.5.F25. ábra), akkor a cement nem térfogatállandó; az esetleges zsugorodási repedések (1.5.F26. ábra) pedig arra utalnak, hogy a cementpéplepényeket túl szárazon tárolták. (DIN 1164-11:2024)



1.5.F25. ábra: Cementpéplepény duzzadási repedésekkel főzőpróba után (Siebel szerk., 3. kötet, 1957)



1.5.F26. ábra: Cementpéplepény zsugorodási repedésekkel főzőpróba után (Siebel szerk., 3. kötet, 1957)

Lásd még: Térfogatállandóság

Fréchet-eloszlás

Lásd: Extrémérték-eloszlás

Friss beton eltarthatósága, Eltarthatósági időtartam, eltarthatósági idő

A friss beton eltarthatóságán a még elfogadható betonkonzisztencia-romlás időtartamát értjük. Az MSZ 4798:2016 szabvány 7.7. szakasza szerint a friss beton eltarthatósága az az időtartam, amelyen alatt a betonkeverék a víz hozzáadásától számítva eredeti bedolgozhatóságából csak annyit veszít, hogy a friss beton az adott körülmények (hőmérséklet, víz-cement tényező, cementtípus, szállítási távolság stb.) között még kellő tömörségűre bedolgozható, azaz nem kezdődött meg sem a beton merevedése, sem a cement kötése. A friss beton eltarthatósági

időtartamát konzisztenciaméréssel állapítjuk meg.

A friss beton eltarthatósági időtartamát, illetve kellő bedolgozhatóságát külső körülményként a környezeti feltételek, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, belső körülményként a beton összetétele, mint például a cementfajta, a cementtartalom, a víz-cement tényező, az adalékszerhatás befolyásolja.

A friss beton eltarthatóságát a gyakorlatban a hőmérséklet függvényében a konzisztencia-, a testsűrűség- és nyomószilárdság-változás függvényeként szokás kifejezni.

Folyósítószeres beton esetén az eltarthatósági idő múltával a beton konzisztenciája lényegében a folyósítható kiindulási friss beton konzisztenciájának, testsűrűségének és a megszilárdult beton tulajdonságainak feleljen meg.

Lásd még: Keményedés

Friss beton fagyállósága

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 20. fejezete szerint abban az esetben, ha a levegő hőmérséklete fagypont alá süllyed erős szél kíséretében, akkor a fagyás időpontjától függően a következőket kell tenni:

Kötés alatt megfagyott beton: Ha a fagy a betont a keverés után 3-6 óra múlva éri, akkor a cement kötése általában még nem kezdődött el. A megfagyott beton szilárdnak tűnik, azonban a cement és az adalékanyag szemcséit a jég tartja össze. Az ilyen módon megfagyott betonszerkezetet nem szabad kizsaluzni (fagyott állapotában vagy közvetlenül a felengedés után).

A fagy elmúltával a cement hidratációs hőfejlődése megindul, és a beton – ha további fagy nem éri – megszilárdul. Az ilyen módon megfagyott beton mesterséges érleléssel is szilárdítható a zsaluzat melegítésével (például hőlégfúvóval, infravörös sugárzófűtéssel).

Nagyobb tömegű betontestben, vagy csak egyoldali fagyhatásnak kitett betonszerkezetben a rövid ideig tartó fagy hatása csak a külső kéregre terjed ki, és belül a beton kötése, illetve szilárdulása megindulhat. Ez a folyamat azon feltételekkel követhető nyomon, hogy a beton hővezetési tényezője: $\lambda = 1,55 \text{ W/mK}$, így a függőleges betonfalak hőátbocsátási tényezője 10 cm vastagságban: $k_1 = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, vízszintes betonlemezeken esetén ugyancsak 10 cm vastagság esetén $k_1 = 4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, és ez megfelel a 2,5 cm vastag vizes fenyőfa hőátbocsátási tényezőjének.

Ha egy 0,5 m vastag, alul a lehűlés ellen védett vasbetonlemez hőmérséklete a bedolgozáskor $+15^\circ\text{C}$, a felső felület viszont a szabad levegővel érintkezik, amelynek a hőmérséklete -5°C , akkor a felülettől mért 10 cm mélységben, 450 pc (visszavont MSZ 4702-21981 szabvány, mai MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti 42,5 szilárdsági osztályú portlandcement) használatakor, 300 kg/m³ cementtartalom mellett az előzőekben ismertetett képleteket alkalmazva a bedolgozást követő 4 óra végén: $t_{14} = 14,6^\circ\text{C}$, a bedolgozást követő 24 óra végén: $t_{28} = 14,9^\circ\text{C}$ hőmérséklet becsülhető. A lemez felső, a szabad levegővel érintkező néhány cm vastagságú kérgé ugyanakkor kb. 10 óra után fagypont alatti hőmérsékletűvé válik.

Az ilyen módon részben megfagyott vastag betonszerkezetben előadódhat, hogy a megfagyott külső betonkéreg a belső betonrészekről elválhat, feltáskásodik.

A kisebb vastagságú, védelem nélküli betonszerkezetek általában teljes keresztmetszetükben megfagynak, de erős és tartós fagy hatására a nagyobb tömegű betontestek is átfagyhatnak.

Az átfagyás mértékét a betonból kifűrt próbatestekkel kell ellenőrizni. A próbatesteket a zsaluzatba vágott résen keresztül kell kimunkálni a fagyott betonból. A nyomószilárdságot csak a próbatestek felengedése után szabad megvizsgálni. Nem túl erős, rövid ideig tartó fagyhatás esetén a magminta vételével célszerű megvárni a felengedés utáni kezdeti szilárdulást.

Kötés közben megfagyott beton: Ha a fagy a betont kötés közben – általában 6-24 óras korban – érte, akkor a fagy elmúltával vagy egyáltalán nem szilárdul a beton, vagy csak olyan kis mértékben, ami az építmény állékonyságát veszélyezteti. Az ilyen félig kötött, majd

megfagyott beton felületén rendszerint apró, sűrűn elhelyezkedő repedési vonalak figyelhetők meg.

A kötés közben megfagyott betonból próbatesteket kell kimunkálni, és szobahőmérsékleten való tárolás után meg kell állapítani, hogy milyen mértékben folytatódik, illetve folytatódik-e egyáltalán a megzavart kötés és szilárdulás. A kötés közben megfagyott betonrészeket a legtöbb esetben el kell bontani, és a szerkezetet újra kell betonozni.

Szilárdulás közben megfagyott beton: Ha a betont a bedolgozástól számított 24 óra eltelte után éri a fagy, és eddig az ideig a kötéshez és a szilárduláshoz megfelelőek voltak a feltételek, akkor a fagy felengedésével a szilárdulás folytatódik. Ha a beton fiatal korában többször megfagy és felolvad, a fagyhatás pedig nagyon erős ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt), akkor ez csak akkor nem ártalmas a betonra, ha szilárdsága a mintegy $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet mellett várható 28 napos érték legalább 40%-át, illetve kis szilárdságú (visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány szerinti C 4 - C 8 szilárdsági jelű, mai MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szerinti legfeljebb C12/15 nyomószilárdsági osztályú) betonok esetén legalább 60%-át eléri.

A fagy hatása elsősorban a vízzel átitatott betonra veszélyes, ezért a hideg időben készített betont a csapadék ellen takarással kell megvédeni (kátránypapír, ponyva stb.) és vízzel locsolni (utókezelni) is csak akkor szabad, ha a szilárdulás feltételeit kialakítottuk, azaz a szilárduló betontól a fagyot távol tartjuk.

Lásd még: Téli betonozás

Friss beton hatékony víztartalma

A friss beton hatékony víztartalma a keverővíznek és az adalékanyag felületi nedvességének az összege (MSZ 4798:2016). A hatékony víztartalmat szükség esetén a párolgási veszteséggel csökkenteni szokták. Mértékegysége: kg/m^3

Friss beton lágyítása

Lásd: Kiindulási friss beton lágyítása

Frittelés

Kohászati, cementipari kifejezés, francia eredetű szó: frittage = zsugorítás, tömörítés

A cementgyári frittelés, azaz zsugorítás a kellőképpen előkészített klinkergyártási nyersanyag égetésének az a szakasza, amelyben az anyag annyira felhevül, hogy az átkristályosodás, tömörödés, a részecskék felületi összetapadása megindul, de az anyag még nem olvad meg (Talabér et al., 1966).

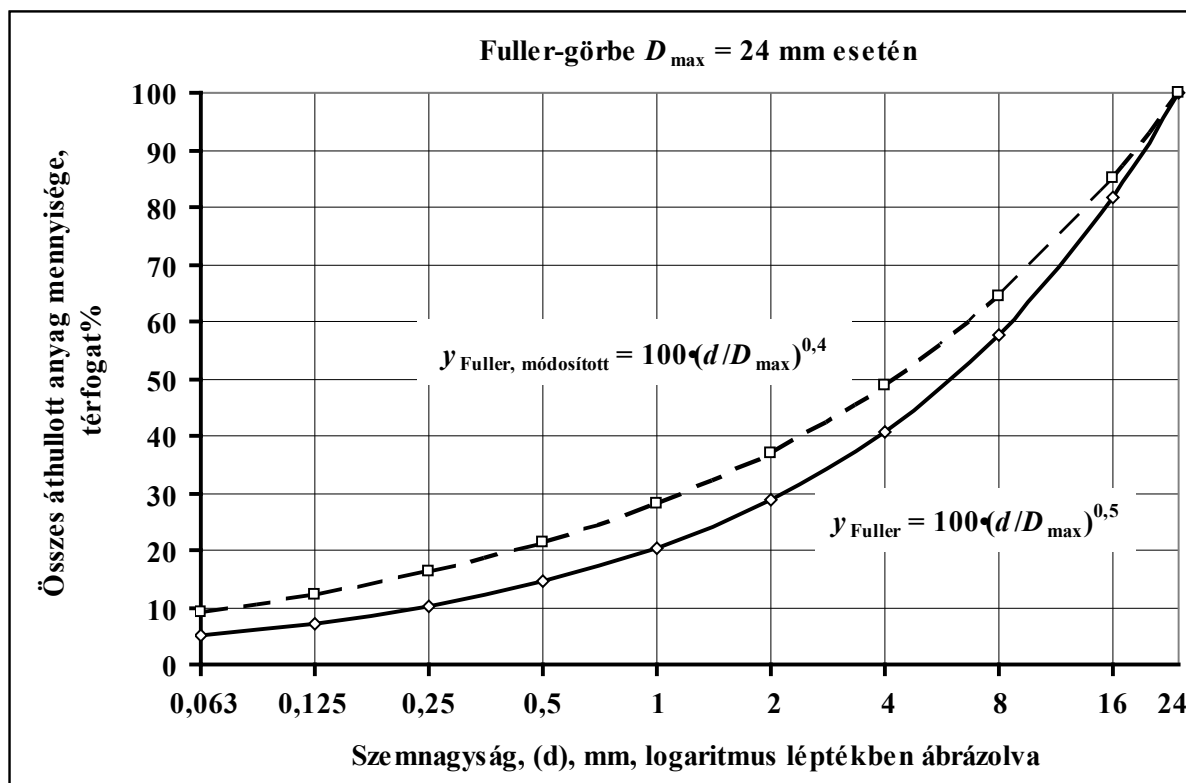
Lásd még: Zsugorítás, Szinterezés

Fugázóbeton, Fugázóhabarcs

Lásd: Kiöntőbeton, Kiöntőhabarcs

Fuller-görbe

William Barnard Fuller⁸⁵ és Stanford Eleazer Thompson⁸⁶ amerikai építőmérnök kutatók közleménye a Fuller-görbének nevezett ideális szemmegoszlási görbéről 1907 márciusában, más források szerint decemberében, New Yorkban jelent meg.



1.5.F27. ábra: A Fuller-görbe

A Fuller-görbe (1.5.F27. ábra) a legtömörebb, gömbölyű szemekből álló szemhalmaz (például homokos kavics) idealizált szemmegoszlási görbéje, amely $y_{\text{Fuller}} = (d/D_{\max})^{0.5}$ alakú úgynevezett irracionális függvény (tulajdonképpen vízszintes tengelyű parabola). Tapasztalatok szerint a szögletes (hosszúka és lemezes) alakú, tört szemekből álló zúzottkő legtömörebb szemhalmazának szemmegoszlását jobban leírja a $y_{\text{Fuller, módosított}} = (d/D_{\max})^{0.4}$ alakú függvény, mert a zúzottkőhalmaz hézagainak kitöltéséhez több finom szemre van szükség, mint a kavics-halmaz esetén.

⁸⁵ William Barnard Fuller (1863, Swampscott, USA – 1923, Eagle Rock, USA) építőmérnök. Építőmérnöki oklevelet 1883-ban a „Massachusetts Institute of Technology” cambridge-i egyetemen kapott, majd vízépítési műtárgyak létesítésével foglalkozott. Nevet betonkísérleteivel szerzett magának. A Fuller-görbét Stanford Eleazer Thompsonnal 1903-1905 között a New Yorki-i Jerome Park-beli víztározó építése kapcsán dolgozta ki. A betonadalékanyagról Stanford Eleazer Thompson-nal közösen írt cikke 1907-ben a „Transactions of the American Society of Civil Engineers” című folyóirat. Band 33. kötetének 222–298. oldalán jelent meg (Fuller et al., 1907). Forrás: https://www.beton.wiki/index.php?title=Fuller,_William_Barnard

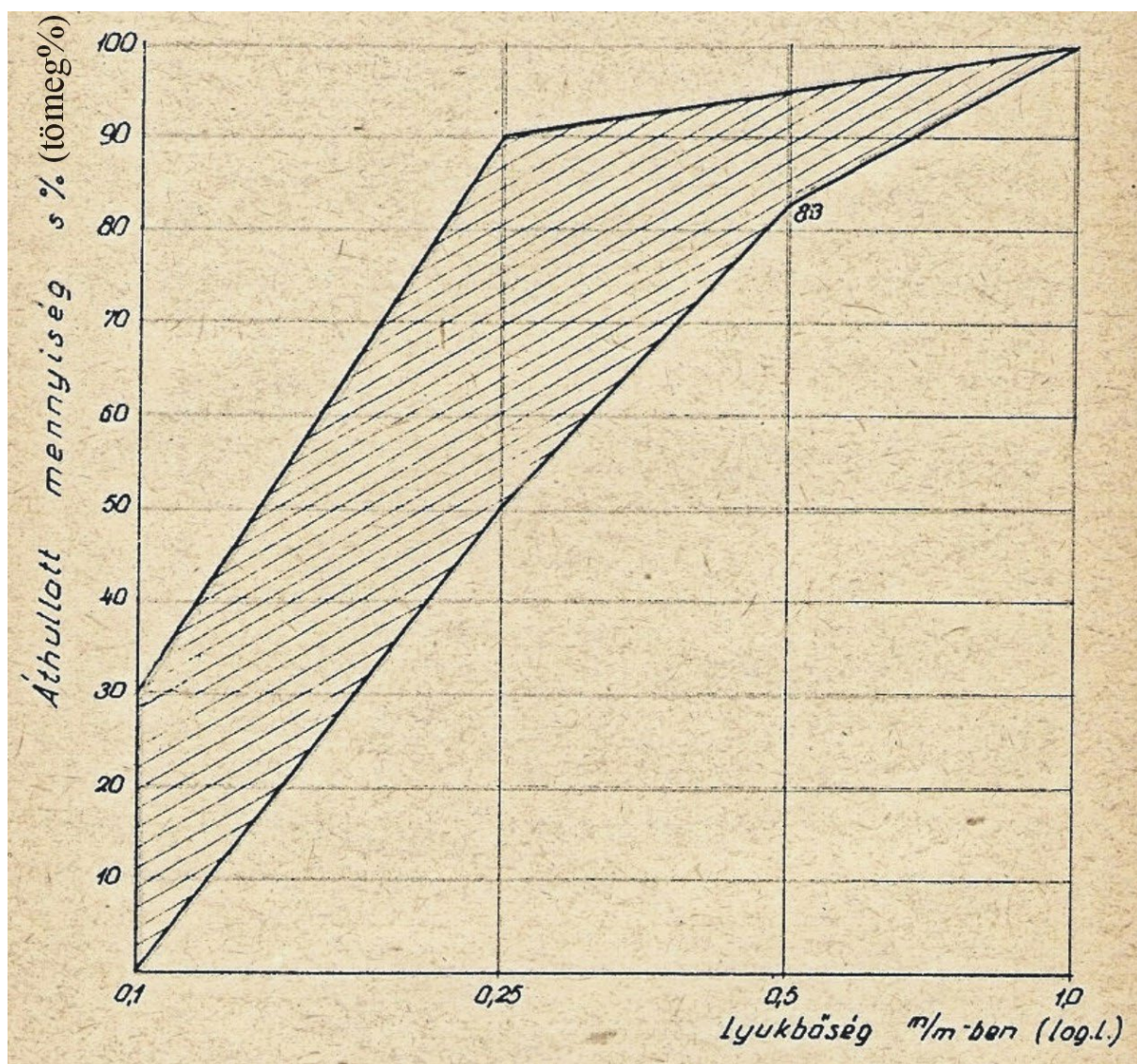
⁸⁶ Stanford Eleazer Thompson (1867 – 1949) amerikai mérnök, az Egyesült Államok kormányának tanácsadója. Építőmérnöki oklevelet 1889-ben a „Massachusetts Institute of Technology” cambridge-i egyetemen szerzett. Kezdetben a vízépítőiparban dolgozott, majd 1917-ben az Egyesült Államok hadseregének alezredese lett. A betonadalékanyagról William Barnard Fuller-rel közösen írt cikke 1907-ben a „Transactions of the American Society of Civil Engineers” című folyóirat 33. kötetének 222–298. oldalán jelent meg (Fuller et al., 1907). Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Sanford_E._Thompson, https://de.wikipedia.org/wiki/Verwendung_von_Quarzsand_und_Quarzkies

Lásd még: Halmaztömörség

Futóhomokbeton

A futóhomok a folyópartok üledékeiből a szél által kifújtt, elszállított és leülepedett vagy görgetett homok, amelynek a szemcséi a levegőben szállításkor vagy a talajon görgetve dörzsölődnek egymáshoz, és a szállítási - görgetési út hosszától függő mértékben többé-kevésbé gömbölyűre kopnak. Magyarországon a Duna-Tisza-közén, Szabolcs és Somogy megyében vannak nagyobb futóhomok vidékek. A futóhomokszemek 2 mm-nél kisebbek, a legtöbb szem átmérője 0,2 és 1,0 mm közé esik. A futóhomok elleni védekezésről, mozgásának elfojtásáról két régi törvényünk, az 1844. évi X. és az 1879. évi XXXI. törvénycikk rendelkezett. (Vendl, 1953)

A futóhomokbeton adalékanyaga az ME 19:1963 (régi, eredeti jelzete: ME-19-63) műszaki előírás 1967-ben kiadott 1. számú módosító kiegészítésének *Dombi József* fogalmazta 4.112. pontja szerint a földfelszín kopár felületén a szél által mozgatott homok. Beton készítéséhez csak olyan futóhomok volt használható, amelynek minősége értelemszerűen megfelelt az MSZ 4720:1961 szabvány előírásainak, és szemmegoszlása az 1.5.F28. ábra szerinti határgörbék közé esett.



1.5.F28. ábra: Futóhomokbeton készítésre alkalmas futóhomok szemmegoszlási határgörbéi az ME 19:1963 (ME-19-63) műszaki előírás 1967-ben kiadott 1. számú módosító kiegészítésében

Az 1967-ben módosított ME 19:1963 műszaki előírás szerint futóhomokbeton 300 kg/m^3 -nél kisebb 500-as (mai 32,5 jelű) portlandcement adagolással nem volt készíthető. A futóhomokbeton nyomószilárdsága legalább 70 kp/cm^2 ($70 \text{ kp/cm}^2 = 6,867 \sim 7 \text{ N/mm}^2$) volt és általában nem volt fagyálló. Futóhomokbetonból 500 kp/m^2 -nél ($500 \text{ kp/m}^2 = 4905 \sim 5000 \text{ N/m}^2 = 0,005 \text{ N/mm}^2$) kisebb hasznos igénybevételű aljzatbetonokat és földszintes épületek teherhordó vagy vázas épületek kitöltő falazatának kézi falazóelemeit volt szabad készíteni.

Lásd még: Homokbeton, Finombetonmátrix

Gamma-eloszlás, Gamma valószínűségi eloszlás

Az x valószínűségi változó (a és z) együtthatójú (kétparaméteres) gamma-eloszlású, ha a sűrűségfüggvény alakja:

$$f(x|\eta; z) = \frac{\eta^z}{\Gamma(z)} \times x^{z-1} \times e^{-\eta \times x}, \quad \text{ha } x \geq 0$$

és $f(x) = 0$, ha $x < 0$, ahol $\eta > 0$ és $z > 0$ állandók. A kétparaméteres gamma-eloszlás várható értéke: z/η , szórásnégyzete: z/η^2 . (Palotás, 1979)

A háromparaméteres gamma-eloszlás – amelyet *Pearson III.* eloszlásnak is neveznek – sűrűségfüggvényének alakja a következő:

$$f(x|a; b; d) = \frac{1}{b^d \times \Gamma(d)} \times (x - a)^{d-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^d}; \quad \text{ha } x \geq a; \quad b, d > 0,$$

A háromparaméteres gamma-eloszlás várható értéke: $d \times b + a$, szórásnégyzete: $d \times b^2$. (Rinne, 2009)

A háromparaméteres gamma-eloszlással (*Pearson III.* eloszlással) könyvünk 1.6.4.6. fejezetében részletesebben foglalkozunk.

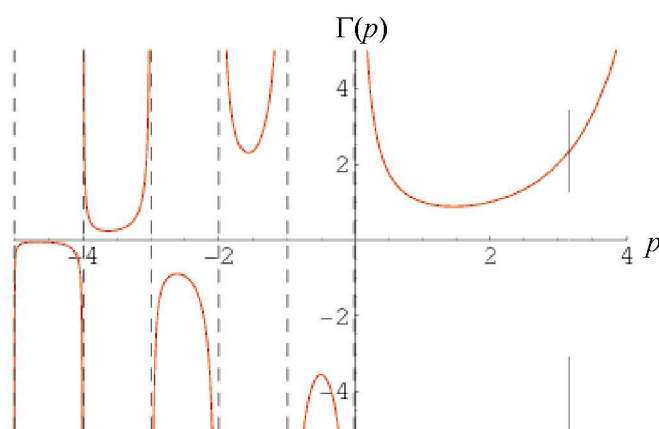
A gamma-eloszlás az $f(x) = \eta \times e^{-\eta \times x}$ sűrűségfüggvényű exponenciális-eloszlásból származtatható. (Palotás, 1979)

Gamma-függvény

A $\Gamma(z)$ integrál az *Euler-féle*⁸⁷ gamma-függvény, amelynek képlete:

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} \times e^{-t} dt, \quad z > 0$$

⁸⁷ Leonhard Euler (1707, Bazel – 1783, Szentpétervár) svájci matematikus és fizikus, a matematikatörténet egyik legjelentősebb és legtermékenyebb és alakja. A bázeli egyetemen teológiát, orvostudományt és keleti nyelveket, majd matematikát tanult, és 1726-ban diplomát szerzett. 1727-1741 és 1766-1783 között a Szentpétervári Tudományos Akadémián, 1741-1766 között a Berlieni Tudományos Akadémián tevékenykedett. A matematika számos ágában maradandót alkotott. Többek között bevezette a koordináta-rendszert, felírta a karcsú rudak rugalmas kihajlásának képletét. Ismert munkáinak száma 866, nagyobb műveinek száma 28. Forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler, Rinne (2009)



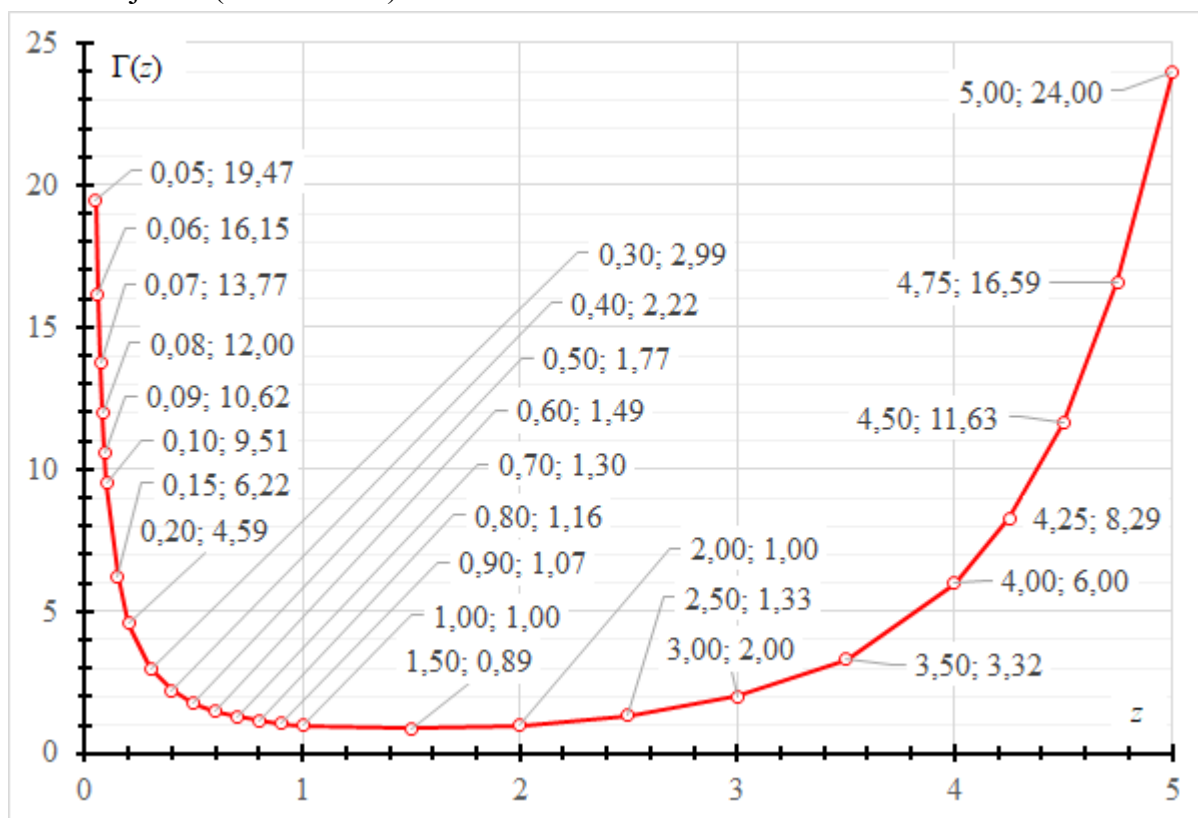
Euler a gamma-függvény összefüggését 1729-ben írta fel. A gamma-függvény elnevezést *Adrien-Marie Legendre* (1752, Párizs – 1833, Párizs) francia matematikus vezette be 1808-ban.

Ha z egész szám, akkor $\Gamma(z) = 1 \times 2 \times 3 \dots (z-1) = (z-1)!$, (! a faktoriális jele), például $\Gamma(1) = 0! = 1$, $\Gamma(2) = 1! = 1$, $\Gamma(3) = 2! = 2$, $\Gamma(4) = 3! = 6$, $\Gamma(5) = 4! = 24$ stb. Nevezetes érték: $\Gamma(0,5) = \sqrt{\pi} \approx 1,77245$.

A gamma-függvény segítségével írható le számos fontos valószínűségi eloszlás, például a gamma-eloszlás, a χ^2 -eloszlás, a *Student*-eloszlás (*t*-eloszlás). (Farkas M. szerk., 1979)

Könyvünk 1.6.4. fejezetében az alsó (minimális) Weibull-eloszlás várható értékét és szórását határoztuk meg a gamma-függvény segítségével.

A gamma-függvény értékeit a matematika-könyvek – mint például: Hartung et al. (2009), Plate (1993), Rinne (2009) – táblázatai általában csak az $1,0 \leq z \leq 2,0$ tartományra adják meg, ezért azokat a legegyszerűbben a számítógépes Microsoft Excel táblázatkezelő programmal számíthatjuk ki (1.5.G1. ábra).



1.5.G1. ábra: Az Euler-féle $\Gamma(z)$ gamma-függvény diagramja

Jele: $\Gamma(z)$, $\Gamma(p)$, $\Gamma(x)$ stb.

Gamma-sugárzás, γ -sugárzás

A gamma-sugárzás nagy áthatolóképességű, elektromágneses hullám természetű sugárzás, amelynek hullámhossza $10^{-9} \dots 10^{-12}$ cm, tehát rövidebb hullámhosszú, mint a röntgensugárzás (a röntgensugarak hullámhossza 40...20 nm), de hosszabb hullámhosszú, mint a kozmikus ultrasugárzás (a kozmikus sugarak kb. százszázszor rövidebb hullámúak, mint a röntgensugarak, és százmilliószor rövidebb hullámúak, mint a fénysugarak), amely utóbbi sebessége majdnem eléri a fény sebességét (kb. 300 ezer km/s). A gamma-sugarak ionizáló sugarak, a radioaktív bomlási folyamatokban az alfa- és béta-sugarakkal, valamint a neutronsugarakkal együtt jelentkeznek, azonkívül a magátalakulások és maghasadások kísérői. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

A gamma-sugárzás során az instabil mag fölös energiájától elektromágneses sugárzás formájában szabadul meg. A gamma-sugárzás nagyon hasonló a röntgensugárzáshoz, csak egyrészt nagyobb az energiája, másrészt az atommagban keletkezik, míg a röntgensugárzás az

elektronhéjakon, vagy még kijebbb. (<https://grimas.hu/termek/rontgen-sugar-es-gamma-sugar/>)

A rádium és a mesterséges radioaktív izotópok gamma-sugárzását a rákgyógyászatban hasznosítják. Növekvő mértékben alkalmaznak ipari gamma-besugárzást mesterséges radioaktív izotópokkal. A besugárzással orvosi műszereket, élelmiszereket és más árukat sterilizálnak, valamint elemzést és anyagvizsgálatot végeznek. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982), (Meiswinkel et al., 2011), (Lohaus et al., 2011)

A gamma-sugárzás egészségkárosító hatása jelentős, védekezni ellene például sugárvédő nehézbetonnal lehet (Balázs, 2010). Az orvosi berendezések gamma-sugárzása elleni védelemmel az MSZ 62-4:2017 szabvány foglalkozik.

A visszavont MSZ 62:1978 szabvány szerint a gamma-sugárzásnál a sugárzás intenzitása az abszorbens vastagságával exponenciálisan csökken, azaz értéke egyre kisebb lesz, de mégoly vastag réteg után sem válik zérussá. A különböző gamma-sugárzások áthatoló képességének jellemzésére a felezési réteg vastagságokat szokás használni, azaz a kérdéses anyagoknak azt a rétegvastagságát, amely a sugárzás intenzitását a felére csökkenti.

A felezőréteg vastagsága függ magának a rétegnek az anyagi minőségétől. Magasabb rendszámú atomokat tartalmazó és nagy sűrűségű anyagokra a felezési rétegvastagságok kisebbek, mint az alacsonyabb rendszámú atomokból álló, kisebb sűrűségű anyagokra. A felezési rétegvastagság függ még a gamma-sugárzás energiájától és a sugárnyaláb keresztmetszetétől. Az energia, illetve a keresztmetszet növekedésével a felezési rétegvastagság általában szintén növekszik (MSZ 62:1978, visszavont).

A leggyakrabban használt gamma-sugárvédelmi anyagok: az ólom, a vas, a barit, a beton és a víz (MSZ 62:1978, visszavont).

Springenschmid (2007) szerint gamma- vagy röntgensugárzás árnyékolása céljából például 4,6-4,9 kg/dm³ testsűrűségű magnetit vagy hematit adalékanyaggal, vagy akár 6,8-7,5 kg/dm³ testsűrűségű vasszemcsékkel és acélhomokkal 4-5 kg/dm³ feletti beton-testsűrűséget lehet elérni, de használható barit és nehézfém-salak adalékanyag is.

A mintegy 2×10^{19} -nél nagyobb elnyelt dózisú gamma-sugárzás ($1 \text{ rd} = 10^{-5} \text{ J/g}$) a beton mechanikai tulajdonságainak romlásához vezet. Ez különösen a beton nyomó- és húzószilárdságát, valamint a rugalmassági modulust érinti. (Grübl et al., 2001)

A gamma-sugárzás elsősorban a rádium 226, tórium 232 és kálium 40 radioaktív bomlása során keletkezik, melynek nyomai minden építőanyagban megtalálhatók. Az épületeken belül a környezeti sugárzás egy részét az építőanyagok árnyékolják; másrészt ehhez hozzáadódik az építőanyagokból (például a csempékből stb.) származó részsugárzás. A gamma-sugárzás a lakott épületekben Ausztriában 0,4 és 3,5 mSv/év (1 Sievert = 1 Sv = 1 J/kg), közötti; átlagosan 1,1 mSv/év érték, amely mintegy harmadával nagyobb, mint Ausztriában a szabadban a természetes környezeti sugárzás átlaga (0,8 mSv/év). (VÖZ–ÖBV, 1988)

Ausztriában az építőanyagok radioaktivitásával az ÖNORM S 5200:2009 szabványban foglalkoznak.

Lásd még: Hidrátbeton, Ionizáló sugárzás, Nehézbeton, Neutronsugárzás, Radon, Röntgensugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Sugárzás

Gauss-eloszlás, Gauss-féle eloszlás

Lásd: Normális-eloszlás

Gázbeton, pórusbeton

Gázbetonnak a sejtesített könnyűbetonok egyik fajtáját, a gázképzővel előállított, autoklavolással szilárdított sejtbetont nevezzük. Ma a gázbeton-termékeket üzletpolitikai megfontolásból mind a kereskedelemben, mind a szabványosításban német mintára pórusbetonnak hívják.

A homokalapú gázbeton testsűrűsége $200-1000 \text{ kg/m}^3$, nyomószilárdsága $1,0-12,0 \text{ N/mm}^2$, hajlító-húzószilárdsága $0,3-2,0 \text{ N/mm}^2$, rugalmassági modulusa $1250-3500 \text{ N/mm}^2$, hővezetési tényezője $0,06-0,25 \text{ W/mK}$, porozitása a 70 térfogat%-ot, vízfelvétele a 60 tömeg%-ot is elérheti.

A gázbeton termékek gyártási folyamata lényegében az alapanyagok előkészítéséből, keverésből, kelesztés-előszilárdításból, kiszaluzásból, vágásból, autoklávolásból és csomagolásból áll (Hums, 1987 és 1990).

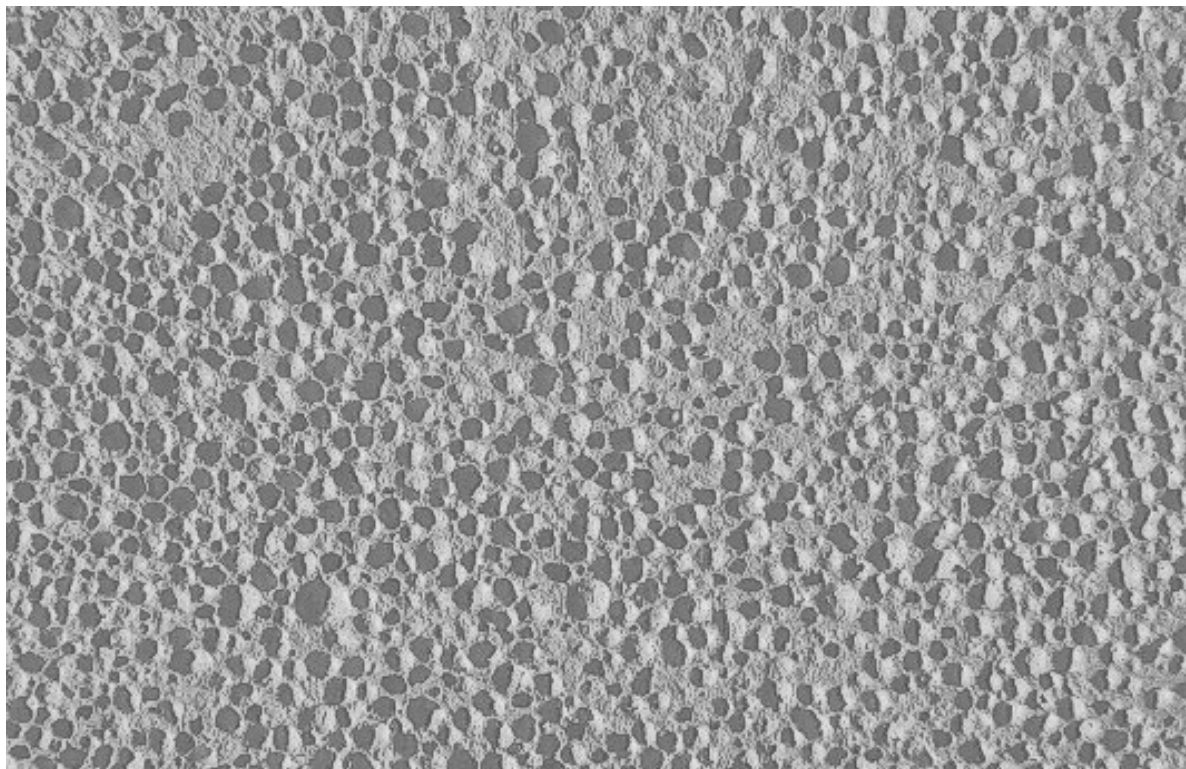
A gázbeton (pórusbeton) nem-éghető építőanyag. Gazdaságos előállítása, kis testsűrűsége, előnyös szilárdsági és hőtechnikai tulajdonságai, könnyű feldolgozhatósága folytán sokoldalúan és széles körben alkalmaznak elsősorban falazó- és szigetelőanyagként, de vasbetéttel ellátva tető-, födém- és falelemként is. A falazóanyagokat különböző blokkokként, válaszfal elemekként, álló, fekvő, síkfelületű és megfogóhornyos megmunkált felületű falelemként, zsaluelemként stb. forgalmazzák (1.5.G2. ábra). A legalább 700 kg/m^3 testsűrűségű gázbetonból vasalt fal-, tető- és födempallók, lépcsők, feszített födém-kéregpallók is gyárthatók. A gázbetonból készült falszerkezet törőszilárdsága az elem szilárdsági osztályától és a falazás minőségétől függően $1,6-4,8 \text{ N/mm}^2$. Újabb alkalmazási területe a tűzvédelem. Granulátum formájában egyre nagyobb tömegben hasznosítják ad- és abszorpciós szerként, így például állati alomnak, olajfogónak, acélgyártási és vegyipari semlegesítőnek, füstgáz szűrőnek, ami a hulladékhasznosítás és a piacbővítés szempontjából is jelentős. (Hums, 1987 és 1990), (Váradi, 2000)



1.5.G2. ábra: Faraklapon tárolt, zsugorfóliával csomagolt Ytong gázbeton (pórusbeton) termékek a tárolótéren

Alapanyaga az őrlött égetett mészből, őrlött gipszközből, cementből, pernyéből vagy őrlött kvarchomokból, régebben égetett olajpala-örleményből, és vízből kevert, megfelelő gázképzőt is tartalmazó finomhabarcs. Az YTONG technológia adalékanyagként elsősorban – így hazánkban is – homokot használ. A finomra őrlött (a $90 \mu\text{m}$ lyukbőségű szitán a fennmaradó anyag mennyisége legfeljebb 20 tömeg%) homok megkövetelt SiO_2 tartalma általában 70 tömeg%. Az YTONG technológia kötőanyagként őrlött égetett meszet és cementet alkalmaz. E két komponens tömegaránya igen tág határok között, $5:1$ és $1:3$ tömegarány között változtatható, de rendkívüli esetben még ennél szélsőségesebb is lehet. Gázképzőként ma leggyakrabban alumíniumport vagy -pasztát használnak, amely az őrlött égetett mészből beoltódásából keletkező mészhidrát (Ca(OH)_2) vizes oldatából hidrogéngázt fejleszt, és a nyers keverékben legfeljebb 2 mm átmérőjű, zárt pórusok sokaságát hozza létre (1.5.G3. ábra). Az öntőformában sejtesített és előérlelt gázbeton tömböt kiszaluzás és termékméretre való felvágás után autoklávolással szilárdítják. Az autoklávolás ideje $10-12$ óra, a telített vízgőz-tér nyomása $8-12 \text{ bar}$, hőmérséklete $170-190^\circ\text{C}$, amelynek hatására a gázbetonban, annak szilárdságát adó

kalcium-hidro-szilikát ásványok alakulnak ki. Ennek során tobermorit ($5\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kristályok is képződnek, amelyek a természetben (például Uzsabányán) és a cementkőben is megtalálhatók.



1.5.G3. ábra: A gázbeton (pórusbeton) szövetszerkezete.

Forrás: <https://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/12-gazbeton/12-gazbeton.htm>

A gázbetont Dr. Johan Axel Eriksson svéd építész fejlesztette ki azzal a szándékkal, hogy az épületfát kedvező tulajdonságú, nem éghető és nem korhadó építőanyaggal váltsa ki. Találmányát 1924-ben szabadalmaztatta. Gyártását Ytong ("Yxhult Betong" szöösszetétel rövidítése) néven 1929-ben kezdte el Svédországban az egyébként közetek feldolgozására 1878-ban alapított Yxhults Stenhuggeri AB cég, amelynek szakirányú utóda lett az Ytong AG. Az Ytongon kívül számos más gázbetongyártási technológia is teret hódított (Hebel, Siporex, Dorstener, Durox, Calsilox, Peja, stb.). A több országban gázbetongyárral rendelkező Ytong társaság 1983-ban tette át székhelyét Svédországból Münchenbe, majd központi kutató laboratóriumot alapított Dieter Hums vezetésével a bajorországi Schrobenhausenben. Az Ytong Deutschland AG. 1991-ben a magyar állami Könnyűbeton és Szigetelőanyagipari Vállalat (Köszig) vállalatától megvásárolta a hazai gázbetongyárakat (Gyöngyösvisonta-Halmajugra és Kazincbarcika), és megalapította az Ytong Hungary Kft-t.

Az Ytong Holding GmbH-t 2003-ban megvásárolta a német Haniel család, és így a tulajdonában álló Xella Baustoffe GmbH felvásárolta az európai Ytong és Hebel gyárakat, többek között a halmajugrai Ytong gyárat is. Az Ytong Hungary Kft. nevet 2003-ban a Xella Pórusbeton Magyarország Kft, majd 2005-ben a Xella Magyarország Kft. név váltotta fel. 2008-ban újabb tulajdonosváltásra került sor, ugyanis a Haniel család eladta a teljes nemzetközi építőipari vállalatcsoportot a Goldman Sachs amerikai befektetői csoportnak. 2016 december 1-vel az amerikai befektetési alapkezelő vállalat eladta a Xella Csoportot a Lone Star leányvállalat részére. A gyöngyösvisonta-halmajugrai gázbeton (pórusbeton) termékeket ma is Ytong néven forgalmazzák.

Az egykori kazincbarcikai gázbetongyár 1963-1998 között működött, és lényegében lengyel technológiával a kazincbarcikai erőmű pernyéjéből állított elő szürke színű gázbetont.

Az egyetlen mai magyarországi gázbetongyár, a gyöngyösvisontai (halmajugrai)

pórusbetongyár Hebel technológia beépítésével 1985-ben létesült, eleinte pernyealapú pórusbetont állított elő, 1990 óta kizárólag homokalapú, fehér színű pórusbeton termékeket gyárt. Saját homok+gipszkő őrlő malommal rendelkezik, az égetett meszet őrlött alakban vásárolja, alumíniumpaszta gázképzővel dolgozik.

Ajánlott olvasmányok: <http://www.betonopus.hu/notesz/hums-gazbeton-1987-90.pdf>
<http://www.betonopus.hu/szikkti/szikkti-bko-kutat.pdf>

Lásd még: Autokláválás, Könnyűbetonok

Gázzsilikát

Lásd: Könnyűbetonok

Geofil

Üveghulladékból magyar szabadalom alapján gyártott (ma már nem gyártják) duzzasztott üvegvadics, más néven habkavics vagy habüveggyöngy márkanéve. Fő alkalmazási területe: könnyűbetonok könnyű adalékanyaga. A Geofil szemek testsűrűsége a gyártástechnológiától függően 500-2000 kg/m³ közötti érték, és ennek függvényében a 10%-os összenyomódásához tartozó nyomófeszültség a 6 N/mm² értéket is elérheti. Felületi bevonattal is gyártották. Alkalmazásával akár LC35/38 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton is készíthető volt.

Lásd még: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/109-konnyu-a-es-b.pdf>

Geopolimer

A geopolimer kalciumban szegény, szilíciumban gazdag pernyéből és metakaolinból készülő alkáli-aktivált kötőanyag, amelynek kalcium-oxid tartalma legfeljebb 10 tömeg%.

A geopolimer elnevezés *Davidovits*tól (1994) származik (*Dehn et al.*, 2017).

A geopolimerek nyomószilárdságban, tűzállóságban túlszárnyalják a betonok tulajdonságait, zsugorodásuk kisebb a betonok zsugorodásánál, és kiemelkedő az agresszív környezettel szembeni ellenállóképességük is (*Kopeckó*, 2021). (*Soósné*, 2018)

Lásd még: ASCEM-kötőanyag

Gél

A gél szó a francia zselatin (gélatine) szóból származik.

A gélek könnyen alakítható, folyadékokban vagy gázokban gazdag, legalább kétkomponensű diszperziók, amelyek legtöbbször szilárd, kolloid-eloszlású, hosszú vagy erősen elágazó részecskékből álló anyagból (például zselatinból, kovásvából, montmorillonitból, poliszacharidokból, pektinekből) és egy folyadékból – legtöbbször vízből –, mint diszperziós közegből tevődnek össze. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

A szilárd anyag koherens, azaz a diszperziós közegben térbeli hálót alkot, amelyben a részecskék mellék- vagy fővegyértékekkel tapadnak egymáshoz különböző tapadási pontokon. A gélek szolokból koagulációval (a részecskék kicsapódásával, tömörülésével, összetapadásával) lesznek. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

A vizet tartalmazó gélek a *hidrogélek*, a folyadékot tartalmazó gélek a *liogélek* (*kocsonyák*), a folyadékokat valamilyen módon (elpárologtatással, kipréseléssel, leszívással) elvesztett gélek a *xerogélek*. A xerogélek a szilárd testek határértékei. Az *aerogélek* olyan gélek, amelyek diszperziós közege a levegő. Ha liogél aerogélbe megy át (például a kovásvággél beszáradásakor), akkor a térháló eredeti rendezettsége megmarad. A gélek öregedhetnek is. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

Lásd még: Cementgél, Diszperzió, Öregedés, Szol, Zselatin

Gélpórus

A gélpórusok a hidratált cementszemeken belül, a cementgélben helyezkednek el, és a cementgéllal együtt a cement hidratációja folyamán keletkeznek. A cementgél teljesen össze nem növvő tábla-, lemez-, szálalakú hidratációs termékekből áll, amelyek között a gélpórusok találhatók. A gélpórusok a folyadékokat és a gázokat gyakorlatilag nem eresztik át. A cementhidratáció előrehaladtával a hidratációs termékek mennyisége növekszik, a gélpórusok mennyisége csökken.

A gélpórusok mérete általában $0,001-0,100 \mu\text{m} = 10^{-6}-10^{-4} \text{ mm}$.

Gélvíz

A gélvíz az elgőzölhető víz része. Nevét onnan kapta, hogy a cementkő gélpórusainak szabad felületén helyezkedik el.

A gélvíz többnyire egy molekula vastagságnyi rétegben tapad a hidratációs termékek felületéhez fizikai adszorpcióval (folyadék vagy gáz kapcsolódása szilárd test felületéhez), ezért fizikailag kötött víznek is hívják. A gélvíz kötőereje majdnem eléri a kémiai kötött víz kötődését, ezért e kapcsolatot olykor kémiai adszorpciónak nevezik. A gélvíz a felületén működő nagy felületaktív erők következtében fagyhatás során a gélvíz csak mintegy -78°C hőmérsékleten fagy meg.

A gélvíz mennyisége és rétegvastagsága a cement hidratációs fokától, a levegő páratartalmától és a belső víznyomástól függ. Minél nagyobb a határfelület és a relatív vízgőznyomás, annál több a fizikailag kötött víz mennyisége. A gélvíz a hidratált cement (cementkő) tömegének $10\pm 5\%$ -át teszi ki.

Ajánlott irodalom például: *Talabér* (1966), *Czernin* (1977)

Lásd még: Cementkőben lévő víz, Elgőzölhető víz, El nem gőzölhető víz, Kémiai kötött víz; könyvünk 16.1. fejezete

Gibbs-háromszög

A Wikipedia web-enciklopédia szerint a három-összetevős keverékek részarányának ábrázolására az egyenlő oldalú háromszöget először *Josiah Willard Gibbs*⁸⁸ alkalmazta, aki a részarányok kifejezésére az egyenlő oldalú háromszög három magasságát használta koordinátaként. (https://de.wikipedia.org/wiki/Ternäres_Gemisch)

Lásd még: Rankin-diagram

Gillmore-készülék

Angolul: *Gillmore-device*

Németül: *Gillmore-Gerät*

A kötés idő meghatározására való *Gillmore*⁸⁹-készülék (ASTM C 266:2021) az USA-ban alternatívája a *Vicat*-készüléknek (ASTM C 191:2021).

A *Gillmore*-készülékkel szabványos összetételű, szabványosan készített, alul $(76 \pm 13) \text{ mm}$,

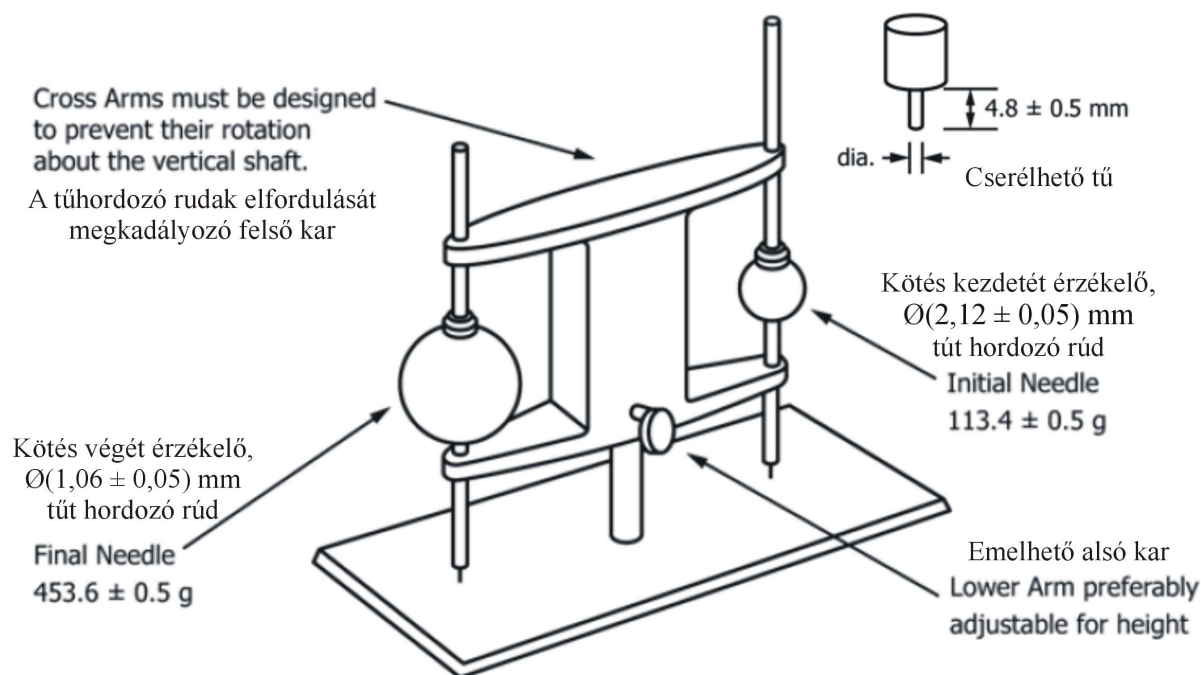
⁸⁸ *Josiah Willard Gibbs* (1839, New Haven – 1903, New Haven) amerikai fizikus, kémikus, matematikus, 1871-től a Yale-Egyetem (Yale University) professzora.

⁸⁹ *Quincy Adams Gillmore* (1825, Lorain, korábban Black River, Ohio állam – 1888, Brooklyn, New York) hadmérnök, dandártábornok. 1845-től az Egyesült Államok Katonai Akadémiáján (United States Military Academy, West Point, New York) tanult, ahol 1849-ben szerzett diplomát. Hadi és tüzérségi technikai tudása az amerikai polgárháború (1861-1865) idején tette híressé. A háború után New Yorkban építőmérnökként dolgozott, számos könyvet és cikket írt az új építőanyagokról, köztük a cementről. *Gillmore* szerepet vállalt az Atlanti-óceán partja mentén lévő erődítmények újjáépítésében, köztük olyanokban is, amelyek lerombolásában a háború alatt maga is részt vett. (https://de.wikipedia.org/wiki/Quincy_Adams_Gillmore)

felül (50 ± 13) átmérőjű, közepén (13 ± 3) mm magas cementpéplepény kötés idejét lehet meghatározni. A-készülék vázszerkezetből és két különböző tömeggel terhelt, különböző átmérőjű, cserélhető acéltűben végződő rúdból áll (1.5.G4. ábra).

A kötés kezdete a cement és a víz összekeverésétől számított azon idő, amely alatt a kötés kezdetét érzékelő *Gillmore*-tű nem hagy körkörös nyomot a cementpéplepény felületén, a kötés vége pedig ugyancsak a cement és a víz összekeverésétől számított azon idő, amely alatt a kötés végét érzékelő *Gillmore*-tű nem hagy körkörös nyomot a cementpéplepény felületén. A kötés kezdetét és végét három-három, az első méréstől számított 90 másodpercen belül végzett méréssel kell meghatározni. (ASTM C 266:2021)

Az ASTM C150/C 150M:2024 szabvány szerint az általános felhasználású portlandcementek *Gillmore*-féle kötés kezdete legalább 60 perc, és kötés vége legfeljebb 600 perc.



1.5.G4. ábra: *Gillmore*-készülék (ASTM C 266:2021)

Lásd még: *Vicat*-készülék

Gipszbeton

Lásd: Dermesztett beton

Gipszesztrich

Lásd: Szulfátesztrich

Globális megközelítés elve

A termékvizsgálat és tanúsítás rendszerének egységesítése érdekében az EU Tanácsa 1993-ban fogadta el a „globális megközelítés” elvét. Ezen elv szerint a direktívák megadják azokat a megfelelőség-értékelési eljárásokat (2013. július 1. előtt megfelelőség igazolási eljárások, 2013. július 1. óta teljesítmény-állandóság felülvizsgálatának és értékelésének rendszere), amely(ek)en egy terméknek át kell esnie ahhoz, hogy bárhol az EU-ban fogalmazható legyen. Ezek az eljárások áru- és irányelv függők, és ennek megfelelően jelentősen eltérhetnek egymástól. Sokszor elegendő a forgalmazáshoz a gyártó (szállító, importőr) megfelelőségi nyilatkozata az alapvető követelmények kielégítéséről, míg a hibás működéssel nagyfokú

veszélyt jelenthető termékek esetében független szerv (tanúsító) általi típus-, illetve gyártási eljárás, teljes minőségügyi rendszer tanúsítása stb. szükséges.

A megközelítés attól globális, hogy minden termékre vonatkozik, amelyre direktívát adtak ki, tehát a jogilag szabályozott területre. A követelményeknek való megfelelés igazolására a globális megközelítés bevezette a modul-rendszert (Varga, 2007). A megfelelés-értékelési modulokat a 93/465/EGK számú tanácsi határozatban, illetve az MSZ 25051:1996 számú szabványban írták elő.

A „globális megközelítés” kifejezést az Európai Közösségek Tanácsának 93/465/EGK számú határozata – a Tanács 1989. december 21-i állásfoglalására hivatkozva – használta, mint amelyet a megfelelés-értékelés során kellett alkalmazni. A határozat szerint a globális megközelítés elvein alapuló műszaki harmonizációs irányelvek hatálya alá tartozó összes ipari terméken szerepennie kell a CE-jelölésnek, kivéve, ha az egyedi irányelvek másképp rendelkeznek. A CE-jelölés az egyetlen olyan jelölés, amely igazolja, hogy az ipari termék megfelel a globális megközelítés elvein alapuló irányelveknek, írták a 93/465/EGK számú tanácsi határozatban. A megfelelés-értékelés globális megközelítésére a – 305/2011/EU rendelettel hatályát veszített – 93/68/EGK tanácsi irányelv is hivatkozott. A 93/465/EGK számú tanácsi határozatot a 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat hatályon kívül helyezte.

A „globális megközelítés” elvét az 1985-ben bevezetett „új megközelítés” elvével együtt kellett alkalmazni.

Gömbcsukló

A gömbcsukló a nyomószilárdság-vizsgálat során adódó külpontosságot (excentricitást) csökkentő eszköz. A gömbcsukló alkalmazásának célja, hogy a hengeres vagy prizmatikus próbatest véglapjain (végkeresztmetszetein) egyenletesen megoszló, a próbatest tengelyével párhuzamos külső terhelés erdőerejének hatásvonala a lehető legjobban egybeessék a próbatest geometriai tengelyével. (Dombi, 1979)

Dombi József⁹⁰ (1979) elméleti megfontolással és kísérletekkel szintén arra a megállapításra jutott, hogy a gömbcsukló működésének hatékonysága a gömbcsukló és a próbatest méretének viszonyától függ. Azt találta, hogy az azonos betonból készített különböző élhosszúságú (40-200 mm) próbakockák nyomószilárdsága gyakorlatilag azonos, ha a próbakocka élhosszúságának és a vizsgálógép gömbcsuklója sugarának a viszonya állandó. Ha azonban a gömbcsukló nem illeszkedik a próbakocka méretéhez, akkor a mért nyomószilárdságok eltérése rendkívül jelentős lehet. Dombi véleménye szerint a gömbcsukló akkor egyenlíti ki legjobban a méreteltérések és pontatlanságok szilárdságcsökkentő hatását, ha a sugara egyenlő a próbatest magasságával, és a csukló gömbközepontja a nyomólapon álló próbatest geometriai középpontjába esik.

A gépgyártók napjainkban általában MSZ EN 12390-4:2020 szabvány szerinti törőgépeket gyártanak, amely szabvány szerint a betonnyomószilárdság vizsgáló berendezés különálló vagy a felső nyomólappal egybeépített felső gömbcsuklót kell tartalmazzon, amelynek forgási (geometriai) középpontja egybe kell essen a gép felső nyomólapja érintkező felületének

⁹⁰ Dombi József (1935, Győr – 2000, Budapest) építészmérnök, mintegy 35 éven keresztül (1960-1996) a SZIKKTI Betonosztályának kutatója, tíz éven át (1984-1994) tudományos osztályvezetőhelyettese. Főbb kutatási területe a futóhomok építőipari alkalmazása, a vízzáró beton, a vasbeton tübbingek, a bauxitbeton szerkezetek, a beton termodifferenciális hőérlelése, a SIOME betoncsövek teherbíróképessége, a SENTAB betoncsövek illesztési tapadása, a nyomószilárdság vizsgálati gömbcsukló kialakítása, a szálerősítésű beton alkalmazása, a vibropréselt beton térburkolóelemek vizsgálati módszere stb. volt. 1996-2000 között a DOMBETON Kft. ügyvezetőjeként nagyjelentőségű beruházásoknak volt sikeres betontechnológusa. Mintegy 30 éven át tanított a BME Építőanyagok Tanszékén. (<http://www.betonopus.hu/notesz/dombi-jozsef/dombi-meltatas.pdf>)

középpontjával, és legalább 3 fokos kitérést kell lehetővé tennie.

A gömbcsukló szerepével *könyvünk 20.1.1.2. fejezetében* foglalkozunk részletesebben.

Lásd még: Magidom

Gőzölés

A gőzölés a beton hőérlelésének az az esete, amelynek során a sablonba bedolgozott friss beton szilárdulását légköri nyomáson a sablont körülvevő zárt térbe vezetett páradús forró – általában legfeljebb 80 °C hőmérsékletű – levegővel meggyorsítjuk. Gőzöléssel egy műszak alatt nemcsak az előregyártott beton- vagy vasbetonelem kiszerezéséhez (kb. $0,5 \times f_{cm,28}$), hanem a feszített vasbetonelem feszítőerejének ráengedéséhez (kb. $0,7 \times f_{cm,28}$) szükséges nyomószilárdság is elérhető. (Balázs, 1987)

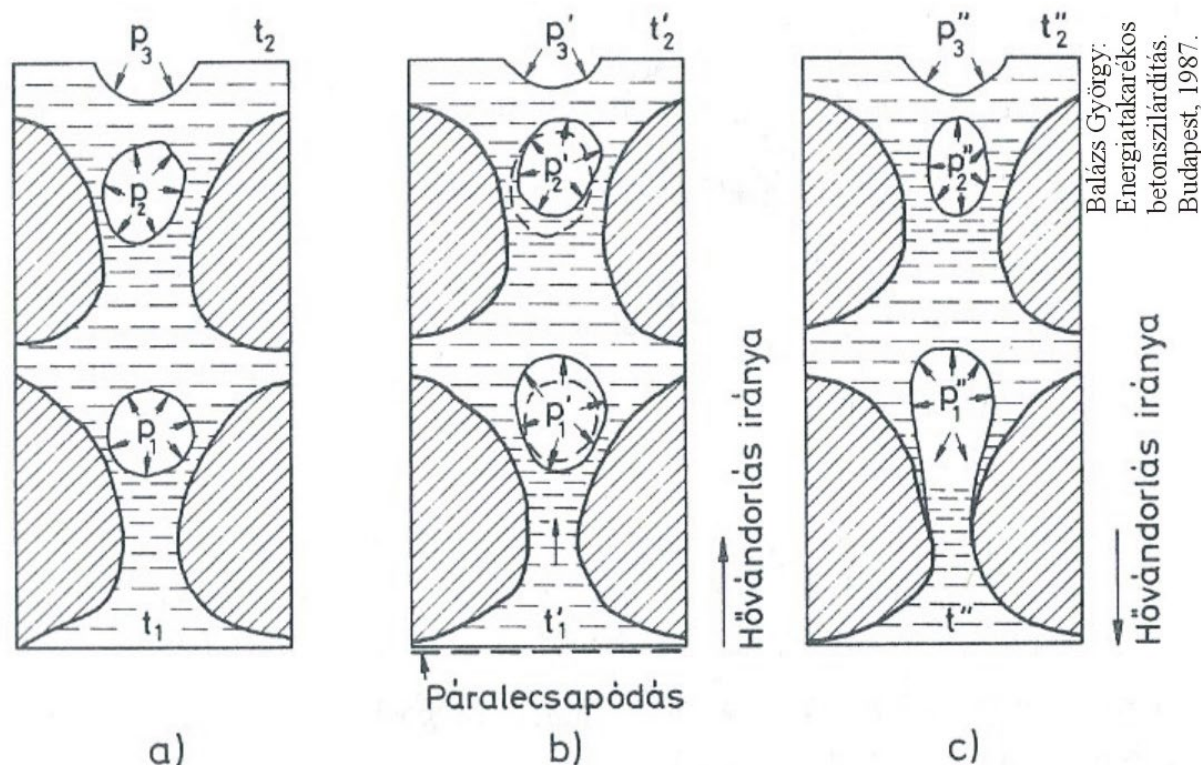
A gőzölés folyamata pihentetésből, felfűtésből, izotermikus (állandóan egyenlő hőmérsékletű) érlelésből és lehűtésből áll.

- A pihentetés alatt a keverővíz egy része fizikailag és kémiaiilag kötött állapotba kerül és a beton megdermed.
- A felfűtés alatt a beton gyorsan szilárdul és általában 4 órán belül eléri az izotermikus érlelés hőmérsékletét.
- Az izotermikus gőzölés ideje alatt a gőztér hőmérséklete általában állandó. A gőzölési hőmérséklet elsősorban a felhasznált cement fajtájától függ: minél nagyobb a cement C_3S -tartalma (C_3S = alit, trikálcium-szilikát) és őrlési finomsága, annál kisebb az optimális gőzölési hőmérséklet, amelyen a gőzölés után és az utószilárdulás során elért szilárdság a legkedvezőbb. Az sem közömbös, hogy a tervezett szilárdság hány százalékát kívánjuk a gőzölés befejeztével elérni.
- A lehűtés alatt a betonból nagy mennyiségű gőz, diffúzió révén a beton felületéhez közel lévő összes szabad víz távozik el. A víz eltávozása olyan mérvű lehet, hogy a további szilárduláshoz szükséges víz sem marad meg, és a gőzölt betont lehűtött állapotában utókezelni kell (Balázs, 1987).

A nagy hőmérsékletű izotermikus gőzölés során a cementkő és a beton szövetszerkezete (struktúrája), valamint szilárdsága általában rosszabb, mintha a beton természetesen szilárdult volna. A betonstruktúra, a szilárdság romlásának kémiai és fizikai okai lehetnek. A kémiai okok közé elsősorban a kedvezőtlenebb hidratációt, a fizikai okok közé elsősorban a betonban lévő víz, levegő és adalékanyag eltérő hőmérsékletét, valamint a betonban mélységében kialakuló hőmérséklet-különbséget soroljuk. A gőzölés alatt gyorsan kialakult rövid-rostú kalcium-hidroszilikátok a még nem hidratálódott cementmagot víz-átnemeresztő tömör szilikátréteggel vonják be, amely megakadályozza a további hidratációt (Balázs, 1987).

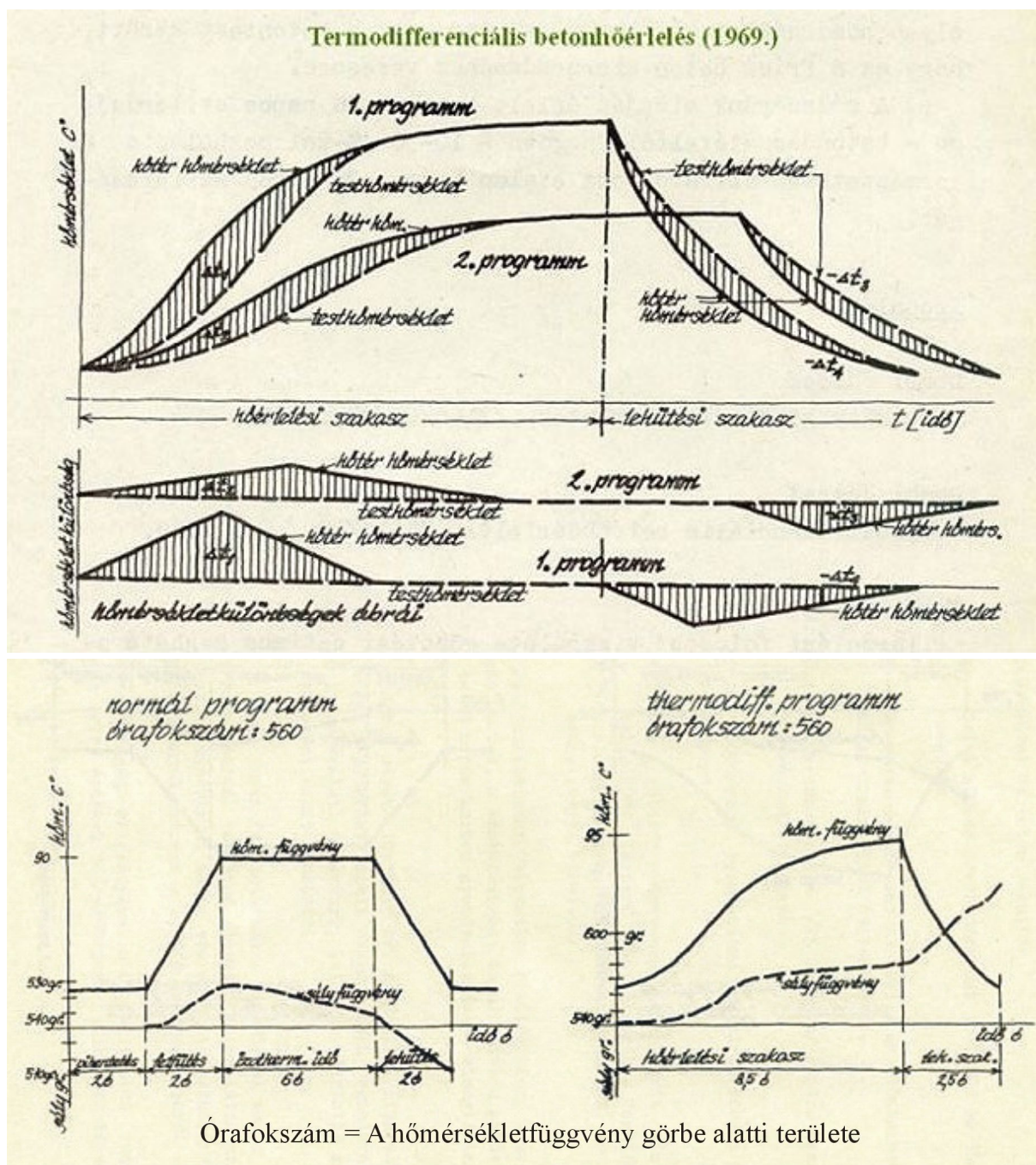
A legfontosabb rongáló folyamatok a hőmérséklet hatására a friss, porózus betonban létrejövő térfogatváltozások, valamint a hő hatására kialakult táglulás okozta belső feszültségek. A gőzölés előtt a vizsgált 1, 2 és 3 jelű, zárt légpórusban (1.5.G5.a) ábra) a hőmérséklet azonos, így a belső nyomás is azonos, $p_1 = p_2 = p_3$. Nyomástöbblet tehát nem alakul ki. A felfűtés időszakában a melegített betonban hőmérséklet-különbség jön létre. A levegő hőmérséklete az 1. jelű légpórusban nagyobb, mint a 2. jelűben és ott nagyobb, mint a 3. jelűben. Mivel a többi tényező azonos, a szerkezet belseje felé ható nyomástöbblet alakul ki, mivel $p_1 > p_2 > p_3$. A nyomástöbbletet a hőmérséklet-különbség, a szerkezet vastagsága a melegítés irányában és a zárt légbuborékok nagysága határozza meg (1.5.G5.b) ábra). Az izotermikus hőérlelés fázisában a beton hőmérséklete a hidratációhő miatt meghaladja a kamra hőmérsékletét. Ekkor a 3. jelű légpórusban legnagyobb a hőmérséklet és a légnyomás, így a nyomástöbblet a felszín felé irányul, abban az irányban indul meg a vízvándorlás (1.5.G5.c) ábra). A második és a harmadik fázis határvonala az 1.5.G5.b) ábrán és 1.5.G5.c) ábrán ott van, ahol a beton hőmérsékleti görbéje metszi a kamra hőmérsékleti görbéjét. A felfűtési periódusban tehát a betonból víz nem távozik el, a nyomásirány befelé hat. Mivel a felfűtés

kezetén a beton szilárdsága elhanyagolható, a hirtelen térfogatváltozást a szabad felszín közelében fellazulás követi, ami pórustartalom-növekedést, esetleg repedéseket eredményez, aminek következménye a nagyobb vízfelvétel, a vízzáróság, a fagy- és sózásállóság, valamint a korrózióállóság csökkenése (Balázs, 1987).



1.5.G5. ábra: Hő- és párávándorlás a gőzölt betonban. a) a felfűtés kezdetén, b) a felfűtés tartamán: hőmozgás a felszíntől befelé, c) az izotermikus hőérlelés tartamán: párávándorlás a betonból kifelé (Balázs, 1987)

A gőzölt beton szilárdság-elmaradása fizikai okának megszüntetésére Dombi József (1968) végzett kísérleteket, amelynek eredményeit felhasználva kidolgozta a termodifferenciális betonhőérlelés módszerét. A módszer a hagyományos gőzölési programoktól eltérően az idő-hőmérsékletkülönbség függvényt szabályozza oly módon, hogy a függvény ne tartalmazzon töréspontokat, és ne jöhessen létre a tér és a betontest között a frissbeton kiszáradásához vezető hőmérsékletkülönbség (1.5.G6. ábra). A szabályozó berendezés – amely a fejlesztésben együttműködő kollégák (Kaló Jenő és Sarkadi István) nevének kezdőbetűivel bővített DKS jelzettel kapta – több betonelőregyártó műben és laboratóriumban megépült, majd további fejlesztésekkel csoportzsálos gőzöléshez is alkalmassá vált (1.5.G7. ábra). Az eljárást szabadalmaztatták. (SZIKKTI 27. sz. Tud. Közleménye. 1968., 43. sz. Tud. Közleménye. 1974. pp. 135-136., és 72. sz. Tud. Közleménye. 1983., pp. 78.)



1.5.G6. ábra: A termodifferenciális hőérlelés programja. A legalsó jobb ábrán jól látszik, hogy a termodifferenciális hőérlelési program görbéje a normál programmal ellentétben folyamatos vonal, és alkalmazása során a beton tömege (súlya) a beton végig növekvő víztartalma folytán végig növekszik (Dombi, 1968)



1.5.G7. ábra: A laboratóriumi termodifferenciális hőérlelő berendezés kisméretű modellje (Dombi, 1968)

Gradiens

Valamely mennyiség helytől függő változása (például sebesség-gradiens a sebesség helytől függő változása).

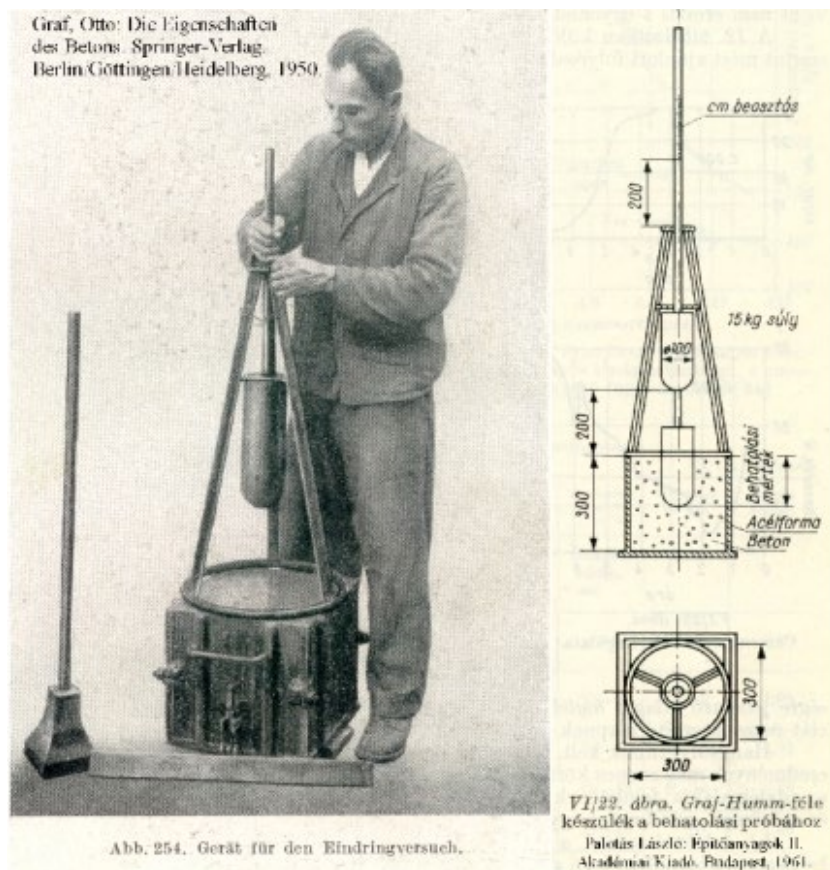
Graf-féle behatolási mérték

A régi *Graf*⁹¹-féle német szabványos (DIN 1048:1944 „Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton” és Bestimmungen D des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, DAfStb 1944) behatolási mérték betonkonzisztencia-vizsgálati eljárás hazánkban

⁹¹ *Otto Graf* (1881, Vordersteinwald bei Schömburg, Gemeinde Loßburg – 1956, Stuttgart) egyetemi tanár, az MPA (Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart) igazgatója. Reáliskolai végzettséget 1896-ban, gépészmérnöki oklevelet 1903-ban szerzett Stuttgartban. Gépészmérnökként 1903-tól a Stuttgarter Királyi Műszaki Főiskola Anyagvizsgáló Intézetében (Materialprüfungsanstalt an der Königlichen TH Stuttgart) dolgozott. Az I. világháborúban 1914-1918 között tiszthelyettesként vett részt, majd 1919-ben visszatért az MPA-hoz. A Stuttgarter Műszaki Főiskolán építőanyagtan és építőanyag vizsgálati előadásokat 1922-től tartott, ahol 1927-ben docensi, 1930-ban professzori kinevezést kapott. 1936-ban lett az MPA igazgatója. 1950-ben elnyerte a Karlsruhei Műszaki Főiskola emeritus professzori címét. A Karlsruhei Műszaki Főiskola 1950-ben, a Münchener Műszaki Főiskola 1952-ben avatta díszdoktorrá. Közreműködésével született meg 1939-ben az „Útmutató az betonpályaburkolatok építéséhez” (AAB, Anweisung für den Bau von Betonfahrbahndecken), amellyel szabványosították a betonútépítést Németországban. A II. világháború után 660 közleménye (publikációja) jelent meg a vasbeton, fa, falazat, acél, acélhegesztés, üveg és újrahasznosítás témakörében. (Reinhardt, 2006), (https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/6064/1/Reden_und_Aufsätze_71_Otto_Graf_Reinhardt.pdf)

is szabványos volt (MSZ 4714:1955). A *Graf*-féle behatolási mérték mérőkészüléket olykor *Graf-Humm*-féle készüléknek is nevezték (1.5.G8. ábra).

A készüléket képlékeny beton (weichangemachten Beton) konzisztenciaméréséhez 6 kg, földnedves beton (Rüttelbeton, Stampfbeton, mint például az útbetonok, völgyzárógátbetonok) konzisztenciaméréséhez 15 kg tömegű, mindkét esetben 10 cm átmérőjű szabadon eső ejtőtesttel használták (*Graf*, 1950), (*Hummel*, 1959). Az ejtési magasság 20 cm volt, a behatolási mértéket az ejtőtest nyelét képező vezetőrúdon lévő centiméter beosztású mércén (skálán) olvasták le (1.5.G8. ábra). Az eljárást *Otto Graf* (1950) szerint 1944-ben felvették a „Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton” című kiadványba (Ernst Verlag, Berlin, 1944).



1.5.G8. ábra:

A friss beton konzisztenciájának mérésére régebben alkalmazott, szabványos *Graf*-féle behatolási mérték mérőkészülék ábrái az irodalomban Bal ábra: (*Graf*, 1950), Jobb ábra: (*Palotás*, 1961)

Grafit

A grafit a szabadon előforduló kristályos szén neve.

Lásd még: Vas-szén ötvözetek

Graf-Kaufmann-készülék

Vizsgáló eszköz a cementek zsugorodásának – a 40×40×160 mm méretű szabványos (például a visszavont MSZ 523-4:1975 szabvány szerinti) cementhabarcs *Haegermann*⁹²-hasábok

⁹² *Gustav Haegermann* „Prüfung der Zemente, insbesondere nach den Normen” címmel fejezetet írt a Berlinben 1941-ben, a Verlag von Julius Springer kiadónál megjelent *Erich Siebel*: „Handbuch der Werkstoffprüfung” könyvsorozat „Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe” című harmadik kötetébe. Ebben az időben a Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten (Berlin-Karlshorst) laboratórium igazgatója volt. 1964-ben jelent meg a Bauverlag (Wiesbaden, Berlin) kiadásában a „Vom Caementum zum Spannbeton” című könyv *Haegermann – Hubert – Möll* jegyezte I. kötetében a „Vom Caementum zum Zement” című tanulmánya.

zsugorodásának – a visszavont MSZ 523-5:1975 szabvány szerinti meghatározására. *Graf* nevét az irodalomban és a szabványokban nem egyszer *Graaf* formában írták (1.5.G9. ábra).

Megjegyzés: Napjainkban az MSZ 523-4:1975 szabvány helyett az MSZ EN 196-1:2016 szabványt, az MSZ 523-5:1975 szabvány helyett az MSZ EN 196-3:2017 szabványt használjuk, de az utóbbiban a *Graf-Kaufmann*-féle hosszváltozásmérést nem szabályozzák, a térfogat-állandóságot a *Le Chatelier*-gyűrűvel határozzák meg.

A visszavont DIN 52450:1985 szabványban a *Graf-Kaufmann*-készülék három típusát ismertetik:

- az „A” típusú-készülék mintegy 1000 g tömegű függesztett mérőkerettel rendelkezik – mint ahogy az 1.5.G9. ábrán látni –, amely a függőlegesen álló próbahasáb felső mérőcsapján fekszik. A mérőóra a mérőkeret alatt helyezkedik el. A próbahasábot a mérőcsapok segítségével a felső beállítócsavar és mérőóra közé kell befogni. A mérőkeret rudazata kishőtágulású acélból, a mérőcsapfészek rozsdamentes acélból készül;
- a „B” típusú készülékben a mérőórát a mérőoszlopon rögzíthető konzol tarja. A „B” típusú készüléket kétoszlopos változatban is gyárthatják. A próbahasáb a készülékben függőlegesen áll. A készülék oszlopa kishőtágulású acélból, a támaszfelület rozsdamentes acélból készül;
- a „C” típusú készülék alaplemezen a vízszintes helyzetű próbahasáb közrefogására két-két golyócsapágygörgővel ellátott két csapágytömb nyugszik. Az egyik csapágytömb tartja a mérőórát, a másik csapágytömbben a próbahasáb mérőcsapja nyomja a támaszfelületet. A vízszintes helyzetű, hossz tengelye körül forgatható próbahasáb mérőcsapjai a golyócsapágygörgőkre támaszkodnak. Az alaplemez kishőtágulású acélból, a golyócsapágygörgők rozsdamentes acélból készülnek.

Siebel, E. (szerk.): Handbuch der Werkstoffprüfung.
3. kötet: Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe.
Springer-Verlag. Berlin / Göttingen / Heidelberg, 1957.

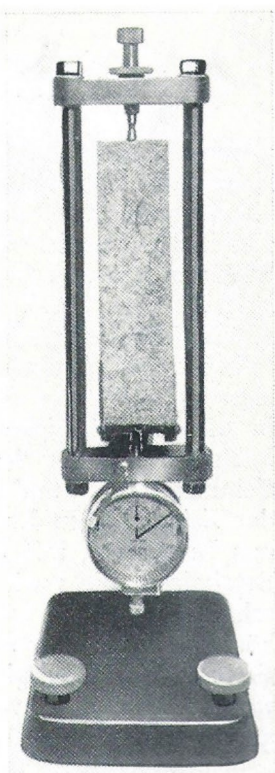
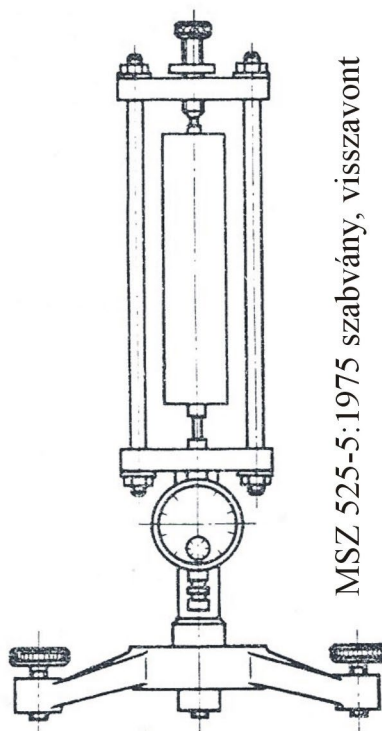


Abb. 10. Schwindmeßgerät nach GRAF-KAUFMANN.



F 1. ábra
Graaf-Kaufmann készülék

1.5.G9. ábra:

A cement zsugorodásának mérésére való *Graf-Kaufmann*-féle készülék ábrája az irodalomban (Siebel, szerk., 3. kötet, 1957.) és a visszavont MSZ 523-5:1975 szabványban

A készülékekhez mérővégekkel ellátott, 176 mm teljes hosszúságú beállítóhasáb tartozik, amely kishőtágulású acélból, vagy más, hőingadozásra nem érzékeny anyagból készül.

A hosszváltozásméréseket (zsugorodásméréseket) a *Graf-Kaufmann*-készülékkel általában 1, 3, 7, 14 és 28 napos, valamint 3, 6 és 12 hónapos korban szokták végezni. A hosszváltozást a próbahasáb első mérés során meghatározott hosszúságára vonatkoztatjuk, természetesen a mérőcsapok hosszát nem beleértve, hiszen a mérőcsapok nem zsugorodnak. A vizsgálat eredménye akkor a legpontosabb, ha a próbatest végig a készülékben marad.

Lásd még: *Haegermann*-hasáb, Térfogatállandóság

Granulálás, granulált anyag, granulátum

A granulálás latin eredetű szó, a kohászatban „szemekké alakítás”-t jelent, és az így kialakított szemek halmazát granulált anyagnak vagy granulátumnak nevezik.

Például granulálással készítik a cementklinkert (klinkergranulátumot): a kiégett, cementgyártási nyersliszt a forgókemencében, 1200 °C feletti hőmérsékleten, a lejtős pályán, a forgás hatására golyóhoz hasonló formájú szemekké áll össze.

Ugyancsak granulálással készül a granulált kohósalak: A mintegy 1430 °C hőmérsékletű, vízárammal hűtött, lejtős csatornába juttatott izzón-folyó kohósalakot vízzel hűtik, aminek hatására az üvegesen megdermed, szemekre aprózódik.

A visszanyert, granulált adalékanyagot az építéshelyen a keverődobban visszamaradt friss beton granulálásával (szemhalmazra alakításával, „szemesítésével”), általában a mixerkocsiban, különleges kétkomponensű adalékszer hozzáadásával készítik. (*Sütő-Kreisz*, 2022), (MSZ 4798:2016/4M:2023)

Lásd még: Klinker, Kohósalak, Visszanyert, granulált adalékanyag

Granulált kohósalak

Lásd: Kohósalak

Grauvakke

Angolul: Greywacke

Németül: Grauwacke

A grauvakke nagy kvarc- és nagy földpát-tartalmú homokkőszerű összeálló törmelékes kőzet. A színe nem mindig szürke, lehet például zöldes-szürke, barnás-szürke árnyalatú is.

A grauvakke kiterjedt lelőhelye például az Alpok és a Harz-hegység (*1.5.G10. ábra*), ezért a német grauwacke megnevezés magyar szövegkörnyezetben is elfogadott.



1.5.G10. ábra: A Senftenberg-i tó (Senftenberger See in Sachsen) közelében fekvő Koschenberg-i grauwacke kőbánya 1969 áprilisában (a szerző felvétele)

Az MSZ EN 932-3:1998 visszavont szabvány szerint a grauwacke jól megszilárdult, általában sötétszínű homokkő nem szabatosan meghatározott fajtája, amely jellegzetesen sarkos, homoknagyságú szemcsékből, földpátból és kvarcból, valamint kissé agyagos kötőanyagból áll; az MSZ EN 9323:2022 szabvány szerint pedig a greywacke általában jól megszilárdult, többnyire sötét színű, durva szemcséjű homokkő, amely jellegzetesen szögletes, homoknagyságú szemcsékből, földpát és kvarc részecskéiből áll, tömör agyagos kötőanyagba ágyazva.

A grauwakke, greywacke, grauwacke közetnév és az azoknak megfelelő megnevezés több szabványban is szerepel (1.5.G1. táblázat).

1.5.G1. táblázat: Példák a grauwakke, greywacke, grauwacke közetnév és az azoknak megfelelő megnevezés használatára a szabványokban

MSZ EN 932-3:1998 visszavont magyar nyelvű	10. oldal, A2.1.5. szakasz	Grauwacke
MSZ EN 932-3:2022 angol nyelvű	15. oldal, A.3 ábra és 16. oldal, A.3.1.1.5. szakasz	Greywacke
MSZ EN 1367-2:2010 angol nyelvű	9. oldal, A.1 táblázat	Lithic sandstone
MSZ EN 1367-2:2010 magyar nyelvű	9. oldal, A.1 táblázat	Grauvakke
MSZ EN 1367-2:1999 visszavont magyar nyelvű	9. oldal, A.1 táblázat	Grauvakke

Az 1.5.G1. táblázat folytatódik

Az 1.5.G1. táblázat folytatása

MSZ EN 1991-1-1:2005 angol nyelvű	33. oldal, A.2 táblázat	Gray wacke
MSZ EN 1991-1-1:2005 magyar nyelvű	25. oldal, A2. táblázat	Szürkekavics
DIN EN 1991-1-1:2010	28. oldal, A.2 táblázat, Natursteine	Grauwanke
MSZ EN 12440:2018 angol nyelvű	15. oldal, Marovskoslezská Droba	Greywanke
	39. oldal, Lindlarer	Grauwanke
	73. oldal, Pescenjak	Lithic grauwanke
	82. oldal, Laja de Tabuenca	Lithic grauwanke
DIN EN 12440:2018	16. oldal, Marovskoslezská Droba	Grauwanke
	41. oldal, Lindlarer	Grauwanke
	77. oldal, Pescenjak	Lithit-Grauwanke
	87. oldal, Laja de Tabuenca	Lithische Grauwanke
MSZ EN ISO 14689:2018 angol nyelvű	17. oldal, A.1 táblázat, Siliceous	Greywanke
DIN EN ISO 14689:2018	25. oldal, A.1 táblázat, Silikatisch	Grauwanke
DIN 1053-100:2007 visszavont	37. oldal, B.1 táblázat	Grauwanke
DIN 1055-1:2002 visszavont	9. oldal, 6. táblázat	Grauwanke
DIN 1164-10:2004 visszavont	3. oldal, Vorwort (Előszó)	Grauwanke
DAfStb Alkali- Richtlinie: 2013	4.2 szakasz, 4.4 szakasz	Grauwanke

Az angol nyelvű MSZ EN 1367-2:2010 szabványban olvasható „Lithic sandstone”, az angol nyelvű MSZ EN 12440:2018 szabványban található „Lithic grauwanke” és a DIN EN 12440:2018 szabványban szereplő „Lithit-Grauwanke”, illetve „Lithische Grauwanke” kifejezéseken (1.5.G1. táblázat) lítium-tartalmú grauwakke érc (lítium fémeket tartalmazó grauwakke kőzet), mint a grauwakke kőzet alfaja, érces változata értendő. A <https://memim.com/greywanke.html> weboldal szerint a lítium-tartalmú grauwakke (greywanke) érc geológiai megnevezése: Litharenit.

Vendl Aladár professzor Geológia I. című tankönyvének (1953) 299. oldala szerint „a grauwakke átmenet a breccsa, konglomerátum és homokkő között”.

Grauwakke néven a *Römpf Vegyészeti Lexikon* 2. kötete (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982) a 325. oldalon tárgyalja: „Szürke színű, nagyon kemény kőzet, amely durvább vagy finomabb, darabos kőzettörmeléből (kvarc, csillám, kovapala, agyagpala, földpát) áll, darabjait pedig kova-, agyagos kova- vagy mésztartalmú kötőanyag tartja szilárdan össze; megnövekedett nyomás és hő hatására (átkristályosodás) képződött. Főleg a Harz-hegység karbonkorszaki alsó rétegeiben található, építő-, útépitő- és malomkőként használják fel.” (Megjegyzés: A karbonkor földtörténeti időszak, amely 60 millió év [máshol 80 millió év] hosszú volt, 359 millió évvel [máshol 350 millió évvel] ezelőttől 299 millió évvel [máshol 270 millió évvel] ezelőttig tartott. Az első „emberfélék” mintegy hatmillió éve jelentek meg a Földön.)

A grauvakke rétegeket a karbonkori tenger mozgásai alakították ki; idézzünk a <http://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf> (2001) weboldalról:

A *grauvakke* (lithischer Sandstein, Grauwanke, greywacke) jellegzetesen sarkos alakú, földpát, kvarc, közettörmelék szemekből áll, kötőanyaga agyagos kovasav. Általában sötétszínű, kellő szilárdságú, összeálló, törmelékes üledékes kőzet. Szemnagysága a durva homok és a finom kavics tartományába esik.

A sekély lagúnás tengerfenéken felhalmozódott laza, vízdús grauvakke üledék már kis fenéklejtés mellett is instabillá válhat. A tengermozgás gyakran válthat ki testsűrűség különbség okozta kiegyenlítő áramlást. (németül: Dichteströmung). Ilyenkor víz-üledék-lavina csúszik a tengerfenéken lefelé. Ha ez többször megismétlődik, akkor mély, tenger alatti kanyon keletkezhet a lejtős tengerfenéken. Az üledék-víz-emulzió sűrűsége nagyobb, mint a környező vízé, ezért csúszik örvénylő mozgással lefelé. Eközben a már kissé megszilárdult rétegeket, mint sűrű iszapot, feldarabolva magával ragadja. Az örvénylő emulzióban a törmelék nem osztályozódik szét, a finom és durva szemek keverednek. Ahol a lavinaszerű mozgás lassul, ott a szétosztályozódás megindul. Az örvényből való lerakódás (németül: Turbiditablagerung) lehet lejtő közeli és lejtő távoli. Egy lavina mindig egy réteget képez, de a folyamat gyakran százszor is megismétlődik, úgy, hogy a grauwanke sokszor különállóan, a kiegyenlítő áramlásoknak megfelelően rétegződik. A különálló rétegeket mindig határozott rétegződés jellemzi (a durva szemek gyorsan, a finom szemek lassan ülepsznek), és a hegységképződés tekintetében lehet a fenn/lenn jelzöt használni. Az altalajmenti üledékben élő organizmusok átjárják a fedőrétegeket. A grauvakke magán viseli a tengerfenék vízmozgásait (1.5.G11. ábra).



1.5.G11. ábra: Tengerfenék-hullámbarázdás 7×4 cm méretű grauwanke kézipéldány az Ebersbach (Sachsen, Németország) közeli Wetterberg-i kőbányából (Wellenrippeln in der Grauwanke aus dem Grauwankebruch Wetterberg).

Forrás: <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/RockData?rock=greywacke>

A szemcsés *grauvakke* törmelék harmadát vagy annál is többet agyagméretű (nem feltétlenül agyagásványokból álló) szemek beágyazó anyaga (mátrix) veszi körül. Az üledék rétegekre újabb rétegek kerülnek, azok egyre mélyebbre süllyednek, a hegységképző erők hatása alá

kerülnek, és kisebb-nagyobb metamorfózison (átalakuláson) esnek át. Például az Alpokban vagy Skóciában a grauvakke erős metamorfózis hatására alakult ki. A grauvakke a Harz-hegységben igen gyakori kőanyag, és így érthető, hogy Németországban a grauvakke betonadalékanyag alkálifém-oxid érzékenységevel fokozott mértékben foglalkoznak (*Kleinschrodt, é.n.*).

Magyarországon a Balaton-felvidék mélyfekvőjében, különálló rétegtani egységként települ *grauvakke* összlet (*Vincze, 2000*).

A *Pallas Nagy Lexikona* (1893-1897) szerint *grauvakke* található a Kis-Kárpátokban, a Központi Kárpátokban, a Fruska Gora hegységben. A mai magyar nevezéktanban „grauvakke”-nak hívjuk, bár régebben említették „szürke vakke”-ként is. A *Pallas Nagy Lexikona* továbbá ezt írja: „Grauwacke (ász.), quarc, kovapala, agyagpala alkotta konglomerát, mely majd erősen csillámos, majd igen finomszemű és sokszor palás. Németország szilur, devon és némileg karbon szisztémájában is fontos szerepet játszik roppant kiterjedésénél fogva.”

A *Révai Nagy Lexikonában* (1911-1916) ez olvasható: „A *grauwacke* földpát, kvarc, kovapala, diabáz, gránit stb. kőzetek törmelékéből álló paleozoi korú konglomerát; színe piszkosszürke. Majd nagyszemű (grauwacke-konglomerát), majd aprószemű és palás (grauwacke-pala), a törmelékszemeket agyag- vagy kova cementálja össze. Nagyon elterjedt kőzet.”

Kertész Pál műegyetemi tanár úr elbeszéléséből tudjuk, hogy a grauwacke-t a régi erdélyi kőbányászok (akik zömükben betelepült szászok voltak) „*savanyú keselykő*”-nek nevezték. Ugyanezt a hangulatos kifejezést találjuk *Halász Előd* Német-magyar Nagyszótárában (die Wacke, ~, ~n = 1. agyagos keselykő, 2. kavics), amelyet harmadik kiadásban, 1970-ben jelentetett meg az Akadémiai Kiadó.

A „*kesely*” szó az 1869-1871 kötött megjelent *Czuczor-Fogarasi szótár* (*Jankovicsné Tálás, 2010*) értelmezésében a több jelentésű „kes” vagy „kese” szó egyik származéka, amely, ha színre vonatkozik, akkor világosabb, fehéres, fakó vagy ilyennel vegyes színt jelent. (Vesd össze a *Pallas Nagy Lexikonában* szereplő, fenn említett „szürke vakke” kifejezéssel).

„Öt órai, csak vizsályban gazdag út után érkeztem Gyurkuczára. Utamban a tarka porondkő 1½ óránnyira terjedt, azontúl kevés *grauwacke-conglomerat*, majd csillámpala foglalta el tágas helyét.”; „Lapistryától Kis-Szamosig gneisz hegyeken, majd csillámpalán jövünk lefelé, itt-ott *grauwackéra* is akadunk, mellyen állítólag aranyerek is húzódnak át.”; hangzott el *Kócsi Károly* tanár úrnak a „Kolozsvártól a Batrináig s vissza” című, 1862 február 12-én tartott, majd nyomtatásban az Erdélyi Múzeum-Egylet *Brassai Sámuel* szerkesztette évkönyvei II. kötetének (1861-1863) 41-45. oldalán, Kolozsvárt, 1863-ban megjelent előadásában (<https://epa.oszk.hu/01500/01579/00002/pdf/EMEEvkv1861-63.pdf>).

„*Fövényköveknek* (*Sandsteine* = homokkövek) azon kőzetek mondatnak, melyeknek apró gömbölyded vagy szögletes töredékei valamely ragaszanyag által kevésbé vagy többé szilárdra vannak összekötve. A ragaszanyag lehet kovagos, agyagos, meszes vagy vastartalmú.”; „Egy szilárd, kemény, szürkés, apró vagy durva szemcsés fövénykővet, melynek szemcséi különböző jegeczes kőzetekből állanak, *Szürkegynek* (*Grauwacke*) nevezünk. Megkülönböztetünk szemcsés, palás, tömör *szürkegyet* és *szürkegyepalát*, az utóbbi az agyagpalától meg nem különböztethető.”; áll *Kriesch János* műegyetemi tanár úr „A természetrajz vezérfonala. Harmadik rész. Ásványtan” című, *Nagel* és *Wischán* által Budán, 1866-ban megjelent könyvében

(https://adt.arcanum.com/hu/view/Books_22_OrvoslasTermeszetradj_1285_Termeszetradj_vezerfonala_3_asvanytan_1102/?query=Grauwacke-conglomerat&pg=122&layout=s).

A Keleti-Alpok nagy hosszanti völgyek három részre osztják. Ezek egyike: „Az Északi-Alpok északról délre a szubalpin molassz (Subalpine Molasse), flis-zóna (Flyschzone), Északi-Mészkő-Alpok (Nördliche Kalkalpen), Pala-Alpok (Schieferalpen) és *Grauwacke-zóna*

(*Keselykő-zóna*) részekre osztható. Északon a bajor és osztrák Alpenvorland határolja a területet. Meghatározó itt a homokkő lekerekített formái és a Mész-kő-Alpok sziklás falai közötti kontraszt”; olvashatjuk a <https://hu.wikipedia.org/wiki/Alpok> weboldalon

Gravimetria

A gravimetria tömeg szerinti kémiai elemzés. Alapelve, hogy a meghatározandó oldott anyagot alkalmas reagenssel vagy elektrolízissel csapadék alakjában leválasztjuk az oldatból, és mérjük. A csapadék lehet maga az elem vagy vegyülete. A legáltalánosabb gravimetriás eljárás a következő lépésekből áll:

- a) A minta tömegének meghatározása;
- b) kémiai reakciók végrehajtása avégett, hogy alkalmas, mérhető csapadékot nyerjünk;
- c) a csapadék tömegének meghatározása;
- d) a minta mennyiségi összetételének kiszámítása.

A leválasztott csapadékot további kezeléssel, például szűréssel vagy centrifugálással, mosással, szárítással vagy izzítással, esetleg újra leválasztással analitikai mérlegen pontosan lemérhető állapotba hozzuk. Például:

- a kloridok klórtartalmát úgy határozzuk meg, hogy salétromsavas közegben ezüst-nitrát hatására a kloridoldatból leváló ezüst-kloridot mérjük;
- az ólmot kénsavval választjuk le oldatából és mint ólom-szulfátot mérjük. A vasat salétromsavval először vas(III)-nitráttá oxidáljuk, majd ammónium-hidroxiddal leválasztjuk, és a keletkezett vas-hidroxidot addig izzítjuk, amíg vas(III)-oxidá (Fe_2O_3) nem alakul át, ezt mérjük;
- az alumíniumsók alumínium-tartalmát úgy határozzuk meg, hogy ammónium-hidroxiddal oldhatatlan alumínium-hidroxidot állítunk elő, majd izzítással jól mérhető oxidá alakítjuk;
- a kénsav és szulfátok oldatát néhány csepp tömény sósav hozzáadása után forrásig melegítjük, majd pipettából cseppenként bárium-klorid-oldatot adunk hozzá. Ezután 3 órán át vízfürdőn melegítjük a csapadékos oldatot, majd szűrjük, forró vízzel mossuk a csapadékot, izzítjuk és mérjük;
- a báriumot, kalciumot, rezet, nikkelt, krómot, magnéziumot, cinket, bizmutot, antimont, arzént, foszforsavat és sok más anyagot is meghatározhatunk gravimetrián.

A vizsgálandó anyag rendszerint nemcsak egyetlen alkotóból áll, ilyenkor elválasztást kell végeznünk, és a komponenseket egyenként kell meghatároznunk. (*Neumüller* szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Elektrolízis, Termogravimetria

Grubbs-próba

A matematikai statisztikában a kiugró értékű valószínűségi változók vizsgálatára és kezelésére többféle módszert dolgoztak ki. E módszerek összefoglaló elnevezése angolul: „Outlier test”, németül: „Ausreißertest” (*Cseréhati*, 2004), (*Hartung* et al., 2009). A kiugró értékek (outlier) próbájának egyike a *Grubbs*-próba („*Grubbs*-féle módszer”, „*Grubbs*-teszt”), amelyet a vizsgálati eredmények értékelése során a kiugró mért értékek hatásának figyelembevételére az MSZ EN 13791:2019 szabványban alkalmaznak.

Lásd még: Kiugró értékek próbája, Outlier próba

Gumbel-eloszlás

Lásd: Extrémérték-eloszlás

Gumi

A gumi a vulkanizált (kevés olvasztott kénben rövid ideig hevített) természetes vagy mesterséges kaucsuk elnevezése. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Elasztomer, Kaucsuk, Vulkanizálás

Gyakoriságfüggvény

Lásd: Sűrűségfüggvény

Gyengén hidraulikus kötőanyagok

Gyengén hidraulikus kötőanyag a hidraulikus mész, – az égetett márgának, vagy félreérthető módon románcementnek, románmésznek is nevezett – római cement („*caementum romanum*”) és a kőművescementnek nevezett tulajdonképpen javított mészpuccolán, valamennyien mész alapú és az égetés során keletkező kalcium-szilikát és kalcium-aluminát-tartalomtól függően többé-kevésbé víz alatt is szilárduló kötőanyagok.

A hidraulikus meszet 8-10 tömeg% agyagtartalmú márgás mészkőből vagy 10-20 tömeg% agyagtartalmú mészmárgából, a románmeszet 20 tömeg%-nál nagyobb agyagtartalmú márgából égetik. A mészpuccolán alapanyaga porrá oltott fehérmész vagy darabos égetett mész és természetes puccolán, például trasz. (Palotás, 1979. 2. kötet)

*Vitruvius*⁹³ „Tíz könyv az építészetéről” című művéből tudjuk, hogy a rómaiak *opus caementitium*-nak nevezték az úgy nevezett öntött falazatot, amelyet hidraulikus kötőanyaggal készítettek. A víz alatt is szilárduló kötőanyagot valószínűleg hidraulikus mészből égetéssel és őrléssel, később a Vezúv környéki vulkánikus tufák porának felhasználásával állították elő (mészpuccolán). *Vitruvius* ismerte a puccolánföld („*pulvis puteolanus*”) hidraulikus tulajdonságait. (Palotás, 1979. 1. kötet)

Lásd még: Római cement, Kőművescement

Gyengén vasalt beton, illetve gyengén vasalt vasbeton

Ha a hajlított tartóban oly kevés acélbetét (vasbetét) van, hogy a legnagyobb nyomatékok szakaszán a beton húzott szélső szálánál induló első repedésekor reá hátruló húzóerőt felvenni nem tudja, az acélbetét hirtelen megfolyik, esetleg el is szakad. A gyengén vasalt tartók hirtelen törnek, és éppen ezért az ilyen szerkezetek alkalmazását – a rideg törés veszélye miatt – kerülni kell. A gyengén-vasalt betonszerkezetek nem is tekinthetők vasbetontartónak, tervezésüket a vasbeton méretezési szabványok az acélbetétek legkisebb mennyiségének előírásával kizárják. A gyengén vasalt betonszerkezeteket általában úgy tekintjük, mint tisztán betonból készült szerkezeteket. (Mihailich et al., 1964)

Gyengén vasalt vasbeton szerkezetnek kell tekinteni azt a szerkezetet, amelyben a teherbírási követelmények kielégítésének igazolása során számításba vehető teljes acélbetét-

⁹³ *Marcus Vitruvius Pollio*, általánosan elterjedt nevén *Vitruvius* (Kr. e. 80-70 körül – Kr. e.15 után) római építész, hadmérnök és szakíró. Újabb feltételezés szerint *Julius Caesar* hadmérnökével, *Mamurrával* azonos. Vízvezeteket, hajítófegyvereket tervezett, a Fanóban (kikötőváros az Adriai-tenger olasz partján) épített bazilikáját saját leírásából ismerjük. A *De architectura libri decem* (Tíz könyv az építészetéről) című, *Augustus* császárnak ajánlott munkáját 1414-ben egy svájci kolostorban fedezték fel, Megfigyelései az emberi test arányairól adták az alapot *Leonardo da Vinci* Vitruvius-tanulmányához és ebben a híressé vált rajzhoz, amin az emberi test körökbe és négyzetekbe illeszkedik.

Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Marcus_Vitruvius_Pollio

keresztmetszet kisebb a teherhordó vasbeton szerkezetek méretezése, illetve szerkesztési előírásai szerint szükséges legkisebb mennyiségnél (MSZ 15022-1:1986).

A gyengén vasalt szerkezetek betonja az MSZ 4798:2016 szabvány szerint X0v(H) környezeti osztályba sorolható, feltéve, hogy a betont a karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány fogalom-meghatározása szerint a gyengén vasalt szerkezeti elemek vasalása a tervezési előírások szerinti megkövetelt mértéket nem éri el.

Gyorskötőanyag

Lásd: Lövellt beton

Gyöngykavics

A gyöngykavics a régi nevezéktan szerint a természetes lelőhelyről kotort homokos kavicsból osztályozással készült különleges tisztaságú termék. Az 1960-1970-es években a nyékládházi kavicsbányában 5-7 mm-es, a csepeli kavicsbányában 3-5 mm-es szemnagyságban gyártották. (Magyar Építőipari Katalógus, 1. kötet, 1969)

A visszavont MSZ 18293:1979 szabványban a 4/8 mm szemnagyságú, különleges tisztaságú gyöngykavics jele OGK (O = osztályozott, GK = gyöngykavics) volt. A 12 mm lyukbőségű szítán gyöngykavics szemek nem maradhattak fenn, a 8 mm-nél nagyobb szemek megengedett mennyisége legfeljebb 5 tömeg%, a 4 mm-nél kisebb szemek megengedett mennyisége legfeljebb 10 tömeg%, az 1,0 mm-nél kisebb szemek megengedett mennyisége legfeljebb 5 tömeg%, a 0,063 mm-nél kisebb szemek megengedett mennyisége legfeljebb 0,1 tömeg% volt.

A Magyar Építőipari Katalógus, 1. kötete (1969) szerint a gyöngykavics elsősorban a kavicsolt lemezfedés védőrétegét képezi. A mosott és melegített gyöngykavicsot a lemezfedés legfelső rétegének ragacsába sajtolják, ahol a szerepe hármas: megvédi a lemezfedést a nyári túlzott felmelegedéstől, csökkenti a lemezfedés ragacsanyagának párolgási felületét, és így késlelteti annak kifáradását, megvédi a lemezfedést a karbantartás során a károsodástól. Ezekon túlmenően a gyöngykavics kutak porózus betonjának adalékanyagaként, szivárgók anyagaként, süllyesztett szekrények és kútalapozások építéskori (süllyesztés közbeni) súrlódást csökkentő anyagaként is használatos.

Gyűjtőminta

Az MSZ EN 12350-1:2009 szabvány szerint a gyűjtőminta azon egyes friss beton minták összessége, amelyet a betonkeverékből vagy más friss beton mennyiségből vesznek és gondosan átkevernek.

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint a gyűjtőminta az egyedi (egyed) adalékanyag (kőanyaghalmoz) minták egyesített mennyisége.

Lásd még: Minta, vizsgálati minta

Habbeton

Angolul: Pumice concrete

Németül: Bimsbeton

Lásd: Könnyűbetonok

Habszilikát

Lásd: Könnyűbetonok

Haegermann-hasáb, Hügermann-hasáb

A *Haegermann*-hasáb 40×40×160 mm méretű, szabványos összetételű (egy tömegrész cement, három tömegrész szabványos homok, fél tömegrész víz), képlékeny konzisztenciájú cementhabarcs keverékből készített próbatest, amelynek alkalmazásával a cementek MSZ EN 196-1:2016 szerinti hajlító-húzószilárdságát és nyomószilárdságát (testszilárdságát), valamint a zsugorodását (*Graf-Kaufmann*-készülékkel) kell meghatározni.

Lásd még: *Graf-Kaufmann*-készülék

Halmazporozitás, összporozitás, szemhalmazok fajlagos hézagtartalma

A halmazporozitás az anyagsűrűség és a halmazsűrűség különbségének és az anyagsűrűségnek a hányadosa, más szóval a szemhalmaz szemei pórusa és a szemek közötti hézagok térfogatösszegének és az anyag térfogatának hányadosa. A halmazporozitás és az abszolút halmaztömörség összege 1,0. Térfogatarány.

Halmazporozitás = Összporozitás = Porozitás + Hézagterfogat×Tömörség, ahol a Hézagterfogat×Tömörség szorzat az anyagsűrűségre vonatkoztatott hézagterfogat.

$$\begin{aligned}
 \text{Halmazporozitás} &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\
 &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} + \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} \times \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\
 &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} + \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\
 &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\rho_A - \rho_H}{\rho_A} = 1 - \frac{\rho_H}{\rho_A} = 1 - \frac{V_A}{V_H} = \\
 &= 1 - t_{\text{Abszolút halmaztömörség}} = 1 - \text{Abszolút halmaztömörség}
 \end{aligned}$$

Kifejezhető térfogat%-ban is.

Lásd még: Abszolút halmaztömörség, Hézagterfogat

Halmazsúly (régebben: „litersúly”)

A térfogategységben lévő anyag súlya:

$$\frac{\text{Súly (erő)}}{\text{Térfogat}} = \frac{\text{Tömeg} \times \text{Nehézségi gyorsulás}}{\text{Térfogat}}$$

Térfogat alatt a halmaz befoglaló (a szemek közötti hézagokkal és a szemekben lévő légpórusokkal, légbuborékokkal, hézagokkal stb. együtt) térfogatát kell érteni.

Mértékegysége: N/m³

Lásd még: Halmazsűrűség

Halmazsűrűség (régebben: „litersúly”)

A halmazsűrűség a szemhalmaz, például az adalékanyag vagy a köliszt laza (tömörítetlen) halmaza tömegének és teljes térfogatának (beleértve a szemekben lévő pórusokat és a szemek közötti hézagokat is) a hányadosa. Meghatározása az MSZ EN 1097-3:2000 szerint történik. Mértékegysége: kg/m³. Jele: ρ_H .

A cementek hozzávetőleges halmazsűrűsége lazán, ömlesztett állapotban 900-1200 kg/m³, berázott (gyengén tömörített) állapotban 1600-1900 kg/m³.

Halmaztömörség

A halmaztömörség (németül: Packungsdichte) a betömörített szemhalmaz halmazsűrűségének és a szemhalmazt alkotó szemek testsűrűségének hányadosa. A halmaztömörség és a hézagterfogat összege 1,0. Térfogatarány. Kifejezhető térfogat%-ban is.

$$t_{\text{Halmaztömörség}} = \text{Halmaztömörség} = \frac{\text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} = \frac{\rho_H}{\rho_T} = \frac{\frac{M}{V_H}}{\frac{M}{V_T}} = \frac{V_T}{V_H}$$

A vélhetőleg legnagyobb halmaztömörségű szemhalmaz idealizált szemmegoszlási görbéjét *Fuller-görbének* nevezzük.

Lásd még: *Fuller-görbe*, *Hézagterfogat*

Harmonizált műszaki előírások

A „harmonizált műszaki előírások” az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete szerinti fogalom, amely a harmonizált szabványok és európai értékelési dokumentumok összességét fejezi ki. A harmonizált műszaki előírások célja az építési termékek minőségének (teljesítményének) értékelése.

Harmonizált szabvány, harmonizált termékszabvány

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének 17. cikke megfogalmazásában a harmonizált szabvány meghatározza az építési termék alapvető jellemzők szerinti minőségének (teljesítményének) értékelésére szolgáló módszereket és feltételeket.⁹⁴ A harmonizált szabvány tartalmazza a minőség (teljesítmény állandóságának) értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszer végrehajtásához szükséges valamennyi műszaki részletet.

Harmonizált szabvány csak termékszabvány lehet. A harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő termékek az „alapvető” (2013. július 1. előtt „lényeges”) követelményeket teljesítő építményekbe beépíthetők, és ezért megfelelő eljárást követően a CE-jellel megjelölhetők. A CE-jelölést szabályosan viselő termék forgalmazását az EU tagországokban megtiltani, megakadályozni, korlátozni nem szabad. A harmonizált termékszabvány a szabvány szerves részét képező, az „alapvető” („lényeges”) követelményekkel való kapcsolatot tárgyaló ZA mellékletéről ismerhető fel. Magyarországon bevezetett (honosított) európai termékszabvány csak akkor lehet harmonizált, ha az európai forrás szabvány harmonizált. Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 betonszabvány nem harmonizált, nincs ZA melléklete, ezért a betont nem szabad CE-jellel ellátni.

Az MSZ EN 206 szabvány harmonizálását 2025-ben tervbe vették.

A harmonizált szabvány hatálya alá tartozó építési termékekre vonatkozó megfeleléségi nyilatkozatot (2013. július 1. óta teljesítmény-nyilatkozatot) kizárólag a harmonizált szabvány alapján szabad elkészíteni.

⁹⁴ Az építési termékekre vonatkozó harmonizált szabványok létrehozásáról és európai műszaki engedélyek kiadásáról eredetileg az 1988. december 21-i 89/106/EGK tanácsi irányelv (direktíva), majd az ezt módosító 1993. július 22-i 93/68/EGK tanácsi irányelv (direktíva) rendelkezett annak érdekében, hogy az építési termékek kereskedelmét gátló technikai akadályokat felszámolják, és ezzel fokozzák a termékek belső piaci szabad mozgását. A 89/106/EGK és az azt módosító 93/68/EGK tanácsi irányelvet (CPD) a 2011. március 9-i 305/2011/EU számú rendelet (CPR) váltotta fel. A 89/106/EGK és 93/68/EGK tanácsi irányelvet építési termék irányelv (CPD) lévén a tagállamokban külön rendelettel – Magyarországon a 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelettel – kellett bevezetni, szemben a 305/2011/EU számú rendelettel, amely európai építési termék rendelet (CPR) lévén a tagállamokban már külön rendelet bevezetése nélkül is hatályos.

A harmonizált szabványokat a 98/34/EK tanácsi irányelv I mellékletében felsorolt európai szabványügyi testületek (CEN, CENELEC, ETSI) dolgozzák ki az Európai Bizottság által a 98/34/EK tanácsi irányelv 6. cikkének megfelelően és a 305/2011/EU számú rendelet 64. cikkében említett, a tagállamok által kijelölt képviselőkkel álló építésügyi állandó bizottsággal folytatott konzultációt követően benyújtott kérelmek (megbízások) alapján. A nemzeti szabványügyi testületek feladata gondoskodni a harmonizált szabványok 98/34/EK tanácsi irányelvnek megfelelő átültetéséről.

A harmonizált szabvány fogalmát a termékek piacfelügyeletéről szóló 2012. évi LXXXVIII. törvény a 765/2008/EK számú európai és tanácsi rendeletre hivatkozva értelmezi.

Az újabb honosított (Magyarországon bevezetett) európai termékszabványok (például MSZ EN 12504-2:2013) első oldalán a következő figyelmeztetés olvasható: „a harmonizált szabvány alkalmazása esetén el kell fogadni, hogy az alkalmazó eleget tett az európai jogszabály, illetve annak megfelelő magyar jogszabály azon követelményeinek, amelyekre a szabvány vonatkozik.” Nem szerencsés, hogy ez a figyelmeztetés a nem harmonizált honosított európai szabványok (például MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ EN 206:2013+A2:2021) címlapján is olvasható.

A harmonizált szabvány – az európai értékelési dokumentum mellett – a harmonizált műszaki előírások alfaja.

Az Európai Bizottság bejelentése szerint, a 1025/2012/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet alapján a harmonizált szabványok fogalma megváltozott. A harmonizáltság, mint fogalom már nem kötődik a hivatalos közlőnyben való publikáláshoz, minden szabvány harmonizáltnak tekintendő, amely bizottsági megbízásra, az uniós jogszabályok alkalmazásának elősegítésére készül. A CE-jelölés használata és a jogszabálynak való megfelelés vélelmezése azonban továbbra is az Unió hivatalos lapjában való közzétételtől függ. (MSZT Hírlevél, 2015. január; <http://www.mszt.hu/web/guest/fontos-valtozasok-az-europai-szabvanyositas-eljarasaiban>)

Hasonlóság

Két függvény, illetve görbe vagy felület (például valószínűségi sűrűséggörbe alatti terület) geometriailag (alakzatát tekintve) akkor hasonló, ha „területtartó transzformációval” (egyik, például független változójukat, illetve ilyen irányú méretüket adott arányossági tényezővel szorozva vagy osztva) egymásba átvihetők. A „hasonló” alakzatok nem egybevágók, hiszen a „területtartó transzformáció” során egyik irányú méretük rövidülése a másik irányú méretük növekedésével jár, és fordítva. Az A és B alakzat hasonlóságának szokásos jelölése: $A \sim B$.

Lásd még: Egybevágóság, Transzformáció, transzformálás

Használati élettartam

A használati élettartam tényleges, tapasztalati érték, amely alatt a szerkezetbe épített beton megfelelő fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, tervezett rendeltetésének megfelelően használható. A tartós beton tényleges, használati élettartama nagyobb, vagy legalább akkora, mint a tervezési élettartam. A használati élettartam fogalma természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idő fogalmával.

Lásd még: Hosszú élettartamú beton, Tervezési élettartam

Használhatóság

Angolul: Usability, Suitability for use

Németül: Gebrauchstauglichkeit

Az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerint a szálerősítésű betonok és a szálerősítésű lövelt betonok a G jelű használhatósági osztályba sorolhatók.

Lásd még: Szálerősítésű beton

Határfeszültség

A határfeszültség szilárdságtani fogalom, az anyagot – a vizsgált állapotban – tönkretévő feszültség valószínűen várható legkisebb értékét jelenti. A határfeszültséget az igénybevételi mód, az anyagminőség (annak statisztikai jellemzői), a tartóméretek szórása, a tervezés, építés, fenntartás körülményei befolyásolják. (Mihailich et al., 1964)

A határfeszültség fogalma az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 4. §. III. fejezete szerint: A határfeszültség az a feszültség, mely a terv szerinti keresztmetszeti tényezők (terület, keresztmetszeti modulus) figyelembevételével a határigénybevétel hatására számítás szerint keletkezik.

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa, 1980 előtt kp/cm², jele: σ_H

Lásd még: Határigénybevétel, Húzóhatárfeszültség, Nyomóhatárfeszültség, Relatív szórás

Határigénybevétel

A határigénybevétel fogalma az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 4. §. III. fejezete szerint a következő: A határigénybevétel (Y_H) az igénybevételnek azt az alsó határát jelenti, amelynél a különböző számításba nem vett és a teherbírást kedvezőtlenül befolyásoló tényezők halmozódásával együtt a vizsgált tartóelem használhatósága megszűnhet, tehát amely mellett a tartóelem tönkremenetelét jelentő feszültségi vagy egyensúlyi állapot már bekövetkezhet. A határigénybevétel nagysága függ a felhasználandó szerkezeti anyagoknak az anyagvizsgálatnál előírt szilárdsági jellemzőitől, ezeknek valószínű szórásától, a szerkezeti elem méreteitől, a tényleges méreteknek a tervezett és számításba vett méretektől lehetséges eltérésétől, az igénybevétel módjától, a tényleg fellépő igénybevételeknek a számítottaktól feltételezhető eltérésétől.

Lásd még: Határfeszültség

Határozott folyáshatár nélküli fémek nyúlása

Határozott folyáshatár nélküli fémek előírt nyúlása az MSZ EN ISO 6892-1:2020, MSZ EN 10080:2005, MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint a következő lehet:

- egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlás terhelt állapotban (e_p , ε_p)
- egyezményes folyáshatárhoz tartozó maradó nyúlás terheletlen állapotban (e_r , ε_r)
- névleges folyáshatárhoz tartozó teljes nyúlás terhelt állapotban (e_t , ε_t)

Példa az egyezményes folyáshatárhoz tartozó, terhelt állapotban mért maradó nyúlás fogalom-meghatározására: Az e_p , ε_p megadott határértékű maradó nyúlás a határozott folyáshatár nélküli fémeknek az a nyúlása, amely a terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár (R_p , f_p) előírt értékét (például: $R_{p0,2}$, $f_{p0,1}$) kijelöli (MSZ EN 10080:2005, MSZ EN ISO 6892-1:2020, MSZ EN 1992-1-1:2010)

Hatás

Az MSZ EN 1990:2011 szabványban hatásnak a tartószerkezetre ható terheket (közvetlen hatás) és a kényszer-alakváltozásokat vagy kényszer-gyorsulásokat (közvetett hatás) nevezik. Közvetett hatást a hőmérséklet-változás, a nedvességtartalom-változás, az egyenlőtlen támaszmozgás vagy a földrengés vált ki. A hatás következménye az igénybevétel. Jele: F

Hatásos vastagság, elméleti vastagság

Szerkezeti elem hatásos vastagsága általában a keresztmetszet kétszeres területének és párologni képes kerületének a hányadosa, kétoldalt párologó szerkezet esetén annak vastagsága. Például a beton kúszására van hatással. Jele: v_{ef} , h_0

Hatékony alkálitartalom

Hatékony az az alkálitartalom, amely a beton összetevőiből a beton pórusvizében oldódik. Minél nagyobb az alkáliák koncentrációja a pórusvízben, annál lúgosabb a pórusvíz, és annál nagyobb az alkáli-adalékanyag reakció fellépésének veszélye.

Hatékony kötőanyagtartalom

Az 1 m³ tömör friss betonban lévő cement tömegének és a puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú, úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyag k hatékonysági tényezővel szorzott tömegének összege. (MSZ 4798:2016 szabvány 3.1.2.25. szakasza)

Lásd még: Fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom

Hatékony kúszási tényező

Egyszerűsített kúszási tényező az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 5.8.4. szakasza szerint, amely a kúszási tényező végértékének, valamint a használhatósági és a teherbírási határállapot hajlítónyomatékai arányának a függvénye. Jele: φ_{ef}

Hatékony légbuborék

A megszilárdult betonban a légbuborékoknak (nevezik képzett levegőnek is) – a fagy- és olvasztósó-állóság szempontjából – az a tartománya *hatékony*, amelynek névleges átmérője 0,01 mm és 0,30 mm közé esik (MSZ 4798:2016, ÖNORM B 4710-1:2018). A hatékony légbuborékot mikrolégbuboréknak is nevezik. A hatékony légbuborékok mennyiségét a beton térfogat%-ában kifejezve A_{300} vagy például német nyelvtérületen $L300$ jellel jelölik.

Hatékony víz-cement tényező

A friss beton víz- és cementtartalmának tömegaránya, ha a víztartalmat a keverővíz és az adalékanyag felületi nedvességének összegeként határozzák meg (MSZ 4798:2016). Nevezetlen szám.

Megjegyzés: A bedolgozásig elpárolgó vizet a keverővízből le szabad vonni.

Hatékony víztartalom

A friss betonban lévő teljes víztartalomnak és az adalékanyag által a beton kötése alatt felszívott víztartalomnak a különbsége.

Hatékonysági tényező

A puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú, úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyagnak a kötőanyagtartalomba beszámítható hatékony hányada, amelyet a k -értékkel fejeznek ki. (MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.5. szakasza)

Lásd még: k -érték elve, Víz-kötőanyag tényező

Hámor

Angolul: Hammer mill

Németül: Hammerwerk

A hámor a kovácsvas nyersanyag (például bucavas) kalapálással, kötegeléssel, hegesztéssel, (később hengerléssel is) a kovácsolás alapanyagaivá (lemezek, rudak) történő feldolgozására szolgáló üzem volt, amely eleinte víz, majd gőz meghajtással működött. A hámor a vasüzem azon része volt, ahol a kohó vagy bucakemence anyagát kereskedelmi forgalomba hozható vasárúvá (például: szeg, drót, ekevas, kapa, kasza, ásó, ácskapocs, kőkapocs) alakították. (Vidovszky, 2007)

Lásd még: Acélgyártás, Acélgyártás Magyarországon, Bucakemence

Hármaspont

A hármaspont az a hőmérséklet és nyomás, amely a fázisdiagramban találkozási pontja valamely anyag három termodinamikai halmazállapotának, első közelítésben a szilárd, a folyékony és a légnemű halmazállapotnak.

Például a víz hármaspontja $p_h = 611,7$ Pa (pascal) nyomáson van $T_h = 273,16$ K (kelvin), azaz $0,01$ °C hőmérséklet mellett, fagyáspontja pedig $p_0 = 1$ atm nyomásnál $T_0 = 273,15$ K = $0,0$ °C hőmérsékleten van (1.5.H1. ábra).

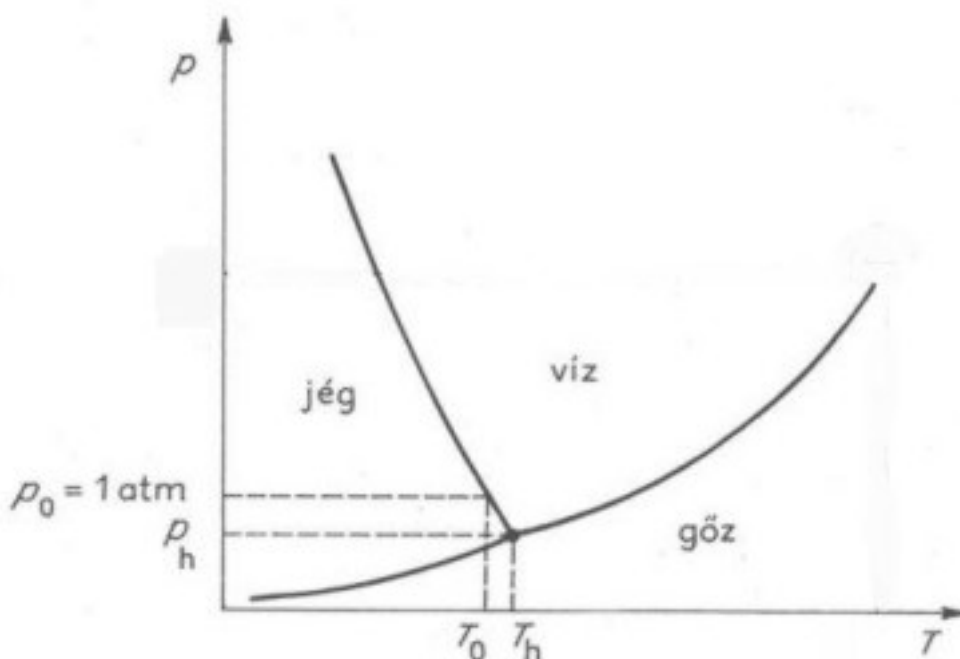
Az SI-mértékrendszerben a hőmérséklet egysége a víz hármaspontja termodinamikai hőmérsékletének $273,16$ század része, amelynek megnevezése: kelvin.

Megjegyzés: A Földön a tengerszinten mérhető légköri (atmoszferikus) nyomás $p_0 = 101325$ Pa = $1,01325$ bar, azaz megközelítőleg 1 bar, amely 100000 Pa = $0,1$ N/mm² = $0,98692$ atm nyomásnak felel meg,

Mint az 1.5.H1. ábrán látható, a víz és a jég közötti fázisátmenet az úgy nevezett abnormis anyagokra jellemző módon megy végbe. A jég móltérfogata nagyobb, mint a vízé. Ennek megfelelően a hármaspont felett a nyomás emelkedésével csökken a jég olvadási hőmérséklete. Hármaspont feletti hőmérsékleten jég nem keletkezik, nem létezik. (Ezzel szemben normális fázisátmenetű anyagok a hármaspont alatt folyadékfázisban nem léteznek.)

Emlékeztetünk arra (<http://www.betonopus.hu/notesz/fagyallobeton.pdf>), hogy a beton pórusaiban, kapillárisaiban elhelyezkedő víz a felületi feszültség következtében nyomás alatt áll, és a nyomás a pórusméret csökkenésével növekszik, a nyomás növekedésével pedig a pórusvíz fagyáspontja csökken.

A víz és a jég közötti abnormis fázisátmenet a magyarázata annak is, hogy a korcsolyázó szinte súrlódásmentesen siklik a jégen. A korcsolya alatt a súly következtében megnőtt a nyomás. A nagyobb nyomáshoz alacsonyabb fagyáspont tartozik, ezért az adott hőmérsékleten a korcsolya alatt megolvad a jég, vékony vízréteg keletkezik, ami nagy mértékben lecsökkenti a súrlódást. (Nagy, 1991)



1.5.H1. ábra: Hármaspont. A víz termodinamikai fázisdiagramja (Nagy, 1991). Megjegyzés: A jelölések értelmezése fenn, a szócikk szövegében található.

Lásd még: Termodinamika, Fázisdiagram

Három-D nyomtatás, 3D-nyomtatás, betoné

Angolul: 3D printer (3D-nyomtató)

Németül: 3D-Drucker (3D-nyomtató)

3D-betonnyomtatásnak a betonelemeknek a szabadon megálló friss betonból való nagypontosságú, számítógép-vezérelt gyártását nevezik. Eszköze a 3D-nyomtató amelynek működése lényegében az asztali számítógépekhez csatlakoztatott tintasugaras nyomtatók működéséhez hasonlít. A beton 3D-nyomtatása voltaképpen egy különösfajta betoninjektálás.

A 3D-nyomtatás során először 3D-modellező szoftver segítségével digitális modellt készítenek a gyártandó elemről, majd a digitális modellt rétegenkénti felbontással a beton-nyomtatófejet vezérlő úgy nevezett G-kóddá (a 3D-nyomtató vezérlésére alkalmas számítógépes nyelv) alakítják. A betonelem gyártása („nyomtatása”) során a daruszerű robotkarra vagy keretszerkezetre erősített nyomtatófejjel, számítógép-vezérléssel, rétegről rétegre (úgy nevezett additív gyártással, addíció = összeadás) építik fel a zsálatat nélkül frissen megálló tervezett elemet a beton- vagy habarcskeverőből szivattyúzott anyagból.

A 3D-nyomtatással gyártható beton mennyisége, a gyártott elem kialakítása és a gyártás hatékonysága rendszertől, technológiától, gyártótól és tervezett felhasználástól függően változik. Az 1986-ban a Dél-Kaliforniai Egyetemen (University of Southern California in Los Angeles) *Charles W. Hull* amerikai mérnök által feltalált és azóta folyamatosan fejlesztett eljárás napjainkban nyomásra igénybe vett betonlapok és betonfalak gyártására alkalmas.

Angol nyelvű forrás:

<https://www.3dnatives.com/en/how-does-a-concrete-3d-printer-work-080120215/>;

<https://www.3dnatives.com/en/what-is-additive-manufacturing/>

<https://www.3dnatives.com/en/g-code-use-3d-printing-230920216/>

Német nyelvű forrás:

<https://www.3dnatives.com/de/3d-drucker-beton-200120211/>

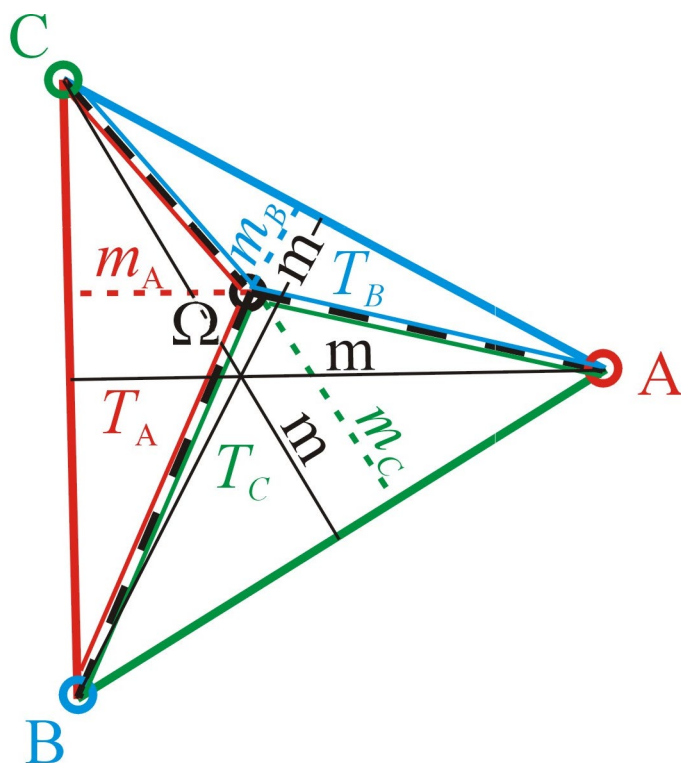
<https://www.3dnatives.com/de/additive-fertigung/>

<https://www.3dnatives.com/de/was-ist-ein-g-code-3d-druck-290920211/>

Háromszög-ábra, háromszög-diagram

A háromszög-ábra – más néven például háromszög-diagram – háromösszetevős rendszerben az A, B és C összetevők részarányának szemléltetésére való egyenlőoldalú háromszög rajza, amelyen az A, B és C összetevő például tömegarányát (M_A/M , M_B/M , M_C/M) az M össztömeghez képest a közös Ω csúcspontú részháromszögek területének (T_A , T_B , T_C) az egyenlőszárú háromszög területéhez (T) viszonyított aránya, illetve a közös Ω csúcspontú részháromszögek magasságának (m_A , m_B , m_C) az egyenlőszárú háromszög magasságához (m) viszonyított aránya fejezi ki (1.5.H2. ábra):

$$M_A/M : M_B/M : M_C/M = T_A/T : T_B/T : T_C/T = m_A/m : m_B/m : m_C/m \quad \text{és}$$



$$M_A/M + M_B/M + M_C/M = 1,0$$

$$T_A/T + T_B/T + T_C/T = 1,0$$

$$(m_A/m)^2 + (m_B/m)^2 + (m_C/m)^2 = 1,0$$

1.5.H2. ábra: Háromszög-ábra a háromösszetevős rendszerek összetevői részarányának szemléltetésére

Lásd még. Gibbs-háromszög, Mész-modulus, Rankin-diagram

Háromtengelyű igénybevétel (Triaxiális igénybevétel)

Lásd: Többtengelyű igénybevétel

Hegeszvas

Angol: wrought iron, németül: Schweisseisen

A hegeszvas (hegesztett vas) a kovácsvas egyik típusa. A hegeszvas vasdarabok vagy finomított bucavasak formára kalapálásával, hajlítgatásával és többszöri hosszirányú kovácshégesztésével készített lágyacél. A hegeszvasat kezdetben a kovácműhelyben, később a vashámorokban, végül kötegeléssel és hengerléssel a vasfinomító gyárakban állították elő. Ezt az anyagot kovácsolással vagy más technológiával, továbbalakították, feldolgozták.

A vasgyártásnak ez a módja a XIX. századig fennmaradt, ezért a régi kovácsoltvas alkotások alapanyaga legnagyobbbrészt ilyen. A XIX. század közepéig minden frissített és hámorban készített vastípus, a készelt (tűzben frissített) és a később kialakult kavartvas is hegeszvas. Történeti elsőse folytán a hegeszvas, a régi irodalomban sokszor egyszerűen kovácsvasként vagy kovácsoltvasként szerepel, és csak a folytvas XIX. századi megjelenésével kezdik, attól megkülönböztetve hegeszvasnak vagy hegesztett vasnak nevezni. (Vidovszky, 2007)

Lásd még: Acélgyártás, Folytvas, Kovácsvas, Lágyacél

Helmert-eloszlás

A χ^2 -eloszlás szinonim elnevezése egyik megalkotójának⁹⁵ neve után.

⁹⁵ Friedrich Robert Helmert (1843, Freiberg – 1917, Potsdam) német geodéta, 1872-1886 között aacheni és berlini egyetemi tanár, 1887-től a potsdami Porosz Geodéziai Intézet igazgatója. A χ^2 valószínűségi eloszlás alapjait 1876-ban fogalmazta meg.

Hengerhuzal

Angolul: Rod

Németül: Walzdraht

A hengerhuzal, azaz hengerelt huzal kifejezést nagyon sokszor az acélhuzal megnevezés szinonimájaként használják, bár az MSZ EN 10079:2007 szabványban megkülönböztetik a hengerhuzal és a huzal fogalmát.

Lásd még: Acélhuzal, Acélgyártás

Hézagosság

Lásd: Hézagterfogat

Hézagterfogat, hézagosság, szemcsék közötti hézagosság

A hézagterfogat (a betömörített szemhalmaz szemei közötti hézagosság) a szemhalmazban lévő szemek testsűrűsége és a betömörített szemhalmaz halmazsűrűsége különbségének és a szemhalmazban lévő szemek testsűrűségének a hányadosa. A hézagterfogat és a halmaztömörség összege 1,0, amely térfogatarány.:

$$\text{Hézagterfogat} = \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} = \frac{\rho_T - \rho_H}{\rho_T} = 1 - \frac{\rho_H}{\rho_T} = 1 - \frac{V_T}{V_H} =$$

$$= 1 - \text{Halmaztömörség}$$

Kifejezhető térfogat%-ban is.

Lásd még: Abszolút halmaztömörség, Halmazporozitás

Hiba és hibanégyzetösszeg

A matematikai statisztikában hibának általában egy adatnak az adathalmaz-jellemzőtől való eltérését nevezik.

Ilyen hiba például az együtt értékelt vizsgálati eredmények átlagának (például: $m_x, \bar{x}$) és az i -edik együtt értékelt vizsgálati eredménynek (x_i) a különbsége: $m_x - x_i$, vagy más szokásos jelöléssel: $\bar{x} - x_i$.

Az n számú együtt értékelt vizsgálati eredmény hibájának négyzetét összeadva a hibanégyzetösszeget kapjuk, például:

$$\sum_{i=1}^n (m_x - x_i)^2 \quad \text{vagy} \quad \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2$$

Szintén ilyen hiba például az i -edik együtt értékelt független változóhoz (x_i) tartozó függő változó mért értékének (y_i) és valamely közelítő regressziós függvény x_i független változóhoz tartozó Y_i függvényértékének a különbsége: $y_i - Y_i$, amely esetben a hibanégyzetösszeg:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2$$

A hibanégyzetösszeg például a szórásszámítás, a regressziószámítás, a korrelációszámítás, a trendvonal-meghatározás alapfogalma.

Lásd még: Standard hiba, Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere, Szórás, Regressziószámítás, Korrelációszámítás, Trendvonal

Hibasint

Lásd: Minőségellenőrzési hibaszintek

Hibás teljesítés

A hibás teljesítés jogszabályi meghatározása annak, ha valaki nem megfelelően teljesíti a szerződést, vagy munkáját kifogásolható módon végzi. A leggyakoribb szerződésszegés az, amikor ugyan teljesíti a fél a megállapodásban foglaltakat, de nem megfelelő minőségben vagy nem a megígért tartalommal. (Jámbor, 2008), (Kriston et al., 2016)

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 6:157. § (1) bekezdése szerint a kötelezett hibásan teljesít, ha a szolgáltatás a teljesítés időpontjában nem felel meg a szerződésben vagy a jogszabályban megállapított minőségi követelményeknek. Nem teljesít hibásan a kötelezett, ha a jogosult a hibát a szerződéskötés időpontjában ismerte, vagy a hibát a szerződéskötés időpontjában ismernie kellett.

A hibás teljesítéshez kapcsolódó jogkövetkezményeket a Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) szavatossági, jótállási és kártérítési szabályai határozzák meg:

- A kötelezett a hibátlan (szerződésszerű) teljesítésért szavatossággal tartozik. A szavatosság nem más, mint a hibátlan teljesítésért való, kimentést nem ismerő, objektív helytállási kötelezettség. A szavatosság magában foglalja a szolgáltatás fizikai hibátlanságát (kellékszavatosság), másrészt pedig a helytállást azért, hogy a szolgáltatás tárgyán a jogosult korlátozásmentes tulajdonjogot vagy más rendelkezési jogot szerezhessen (jogszavatosság).
- A *kellékszavatosság*⁹⁶ a Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 2. szakasza (Kellékszavatosság) szerint azt jelenti, hogy olyan szerződés esetén, ahol a felek kölcsönös szolgáltatással tartoznak egymásnak, a kötelezett a szavatossági időn belül köteles az esetlegesen felmerült hibákat kijavítani, vagy egyéb módon a hibát elhárítani, a jogosultat a hibáért kompenzálni. A jogosult a felfedezett hibát haladéktalanul köteles a kötelezettel közölni; a közlés késedelméből eredő károkért a jogosult felel.
- A kellékszavatosság objektív felelősség, ezért csak kivételes esetben mentesülhet a kötelezett a hibás teljesítés miatti jogkövetkezmények alól. A kötelezettet a kellékszavatosság attól függetlenül terheli, hogy felelős-e a dolog, szolgáltatás hibájáért (például tudott vagy nem tudott róla), ezért is minősül objektív jogkövetkezménynek, felelősségnek.
- Hibás teljesítés esetén a jogosult kijavítást, kicserélést vagy árleszállítást kérhet, illetve a hibát a kötelezett költségére maga kijavíthatja, kijavíttathatja, vagy a szerződéstől elállhat.

A jogosult tehát elsődlegesen kijavítást vagy kicserélést kérhet, kivéve, ha ezek teljesítése lehetetlen, vagy ha a kötelezettnek aránytalan többletköltséget eredményezne, vagy ha a kötelezett azt nem vállalta. Az aránytalan többletköltség megállapításához figyelembe kell venni a szolgáltatás hibátlan állapotban képviselt értékét, a szerződésszegés súlyát és a jogosultnak okozott érdeksérelmet. Amennyiben a kötelezett a kijavítást vagy a kicserélést nem vállalta, vagy megfelelő határidőn belül és a jogosult érdekeinek figyelembe vételével ennek nem tud eleget tenni, vagy ha a jogosultnak a kijavításhoz vagy kicseréléshez fűződő érdeke megszűnt az ellenszolgáltatás arányos leszállítását igényelheti, a hibát a kötelezett költségére maga kijavíthatja vagy mással kijavíttathatja (kijavítási költségigényét érvényesíti), vagy a

⁹⁶ Kellék alatt a szerződés tárgyát érthetjük.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 3. szakasza a termékszavatosságról szól, termék alatt eladott ingó dolgokat értve. Ebből következik, hogy a Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 2. szakasza szerinti kellékszavatosság az ingatlan dolgokra (vagy azokra is) vonatkozik.

szerződéstől elállhat. Fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy elállásnak jelentéktelen hiba miatt nincs helye.

- A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 4. szakasza 6:171. § (1) bekezdése szerint, aki a szerződés teljesítéséért *jótállást* vállal vagy jogszabály alapján jótállásra köteles, a jótállás időtartama alatt a jótállást keletkeztető jognyilatkozatban vagy jogszabályban foglalt feltételek szerint köteles helytállni a hibás teljesítésért. Mentessül a jótállási kötelezettség alól, ha bizonyítja, hogy a hiba oka a teljesítés után keletkezett. A 6:173. § (2) bekezdése szerint a jótállási igény érvényesítésére egyebekben a kellékszavatossági jogok gyakorlására vonatkozó szabályokat kell megfelelően alkalmazni.
- A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 5. szakasza 6:174. § (1) és (2) bekezdése szerint a kötelezett köteles megtéríteni a jogosultnak a *hibás teljesítésből eredő kárát*, kivéve, ha a hibás teljesítést kimenti. A hibás teljesítéssel a szolgáltatás tárgyában bekövetkezett károk megtérítését a jogosult akkor követelheti, ha kijavításnak vagy kicserélésnek nincs helye, vagy ha a kötelezett a kijavítást vagy a kicserélést nem vállalta, e kötelezettségének nem tud eleget tenni, vagy ha a jogosultnak a kijavításhoz vagy kicseréléshez fűződő érdeke megszűnt.

A *betonépítést* tekintve például hibás teljesítésnek minősül valamely transzportbeton-szállítási kötelezettségnek arra a transzportbeton-szállítmányra vonatkozó teljesítése, amelynek az átadás-átvételi eljárása során az MSZ 4798:2016 szabvány szerint készített, tárolt, és a követelményekhez illeszkedő módon vizsgált próbatestek valamely vizsgálati eredménye alapján megállapítható, hogy a szóban forgó friss beton szállítmány a szerződésben szereplő minőségi követelménynek nem felel meg. Ebben az időben a betongyártótól piaci terméként megvásárolt és átvett, a szerkezetbe beépített monolit beton már legalább 28 napos, és a kivitelező tulajdonát képezi vagy kezelésében áll. A kivitelező ezen az alapon érvényesítheti a betongyártó felé a szavatossági kötelezettség teljesítése iránti igényét.

Kívül esik a betongyártó szavatossági kötelezettségén, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány tárgyán a szerkezet állapotának vizsgálati eljárása. Előfordulhat, hogy a beépített beton szilárdsági vagy alaki állapotát a beruházó, a tervező, a műszaki ellenőr vagy maga a kivitelező szemrevételezés alapján megvizsgálni tartja szükségesnek. Aggodalomra például bedolgozási hiányosságok, cementpép kiválások, töppedések, porózus szövetszerkezetű felületek, repedések megjelenése adhat okot. Ilyenkor első lépés a hibagyanús helyek pontos felmérése, roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat végzése, kismintás szövetszerkezeti (például cementtartalom) vizsgálat elrendelése lehet, amelyek eredménye alapján lehet például a roncsolásos szilárdságvizsgálathoz való magfúrások szükségességét illetően határozni. A kapott eredmények birtokában a szerkezet szilárdságtani, állékonysági megfelelőségének vagy meg-nem-felelőségének megállapítása a tervező statikus feladata, aki meg-nem-felelőség esetén a szerkezeti rész megerősítését, netán a bontását és újrakészítését is szükségesnek tarthatja. Ennek az eljárásnak azonban a kivitelező a kötelezettje, és a vele szerződésben lévő megbízó (például beruházó, építménytulajdonos) a jogosultja.

Lásd még: Betontermék, Ingatlan, Ingó, Transzportbeton

Híd

A két méternél nagyobb nyílású áthidaló műtárgy: híd; a két méternél kisebb nyílású áthidaló műtárgy: átereszt. (1988. évi I. tv. 47. § j. pont)

Hidegalakítás

A fémek képlékenyalakító eljárásának anyagszerkezeti szempontból két változata van, a melegalakítás és a hidegalakítás. A klasszikus fogalom-meghatározás szerint, ha a fém alakítását az újrakristályosodási (lágyulási) hőmérsékletnél nagyobb hőmérsékleten végzik,

akkor az melegalakítás, ha pedig az újrakristályosodási hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten végzik, akkor az hidegalakítás. A vas-szén ötvözet újrakristályosodási hőmérséklete mintegy 730 °C (például az ólomé, a cinké mintegy 450 °C, a volfrámé mintegy 1000 °C). Az úgy nevezett „félmeleg” alakítás hőmérséklet-tartománya acél esetén 200-730 °C. A gyakorlat számára a DIN 8582:2003 szabványban úgy fogalmaznak, hogy a melegalakítás a fém felmelegítését követő alakítás, a hidegalakítás pedig a fém felmelegítése nélküli alakítás. (Óvári szerk., 1985)

A hidegalakítás fajtái: hideghengerlés; huzal-, rúd- és csőhúzás; hideg térfogatalakítás; lemezek alakítása.

Hidegen alakított betonacél

Lásd: Betonacél hidegalakítása

Hidegen alakított feszítőacél

Lásd: Feszítőacél

Hideg időben való betonozás

Az időjárást akkor tekintjük hidegnek, ha a levegő átlagos hőmérséklete kevesebb, mint +15 °C.

Lásd: Téli betonozás

Hideglépcsőfok

A hideglépcsőfok a hideg időben való, illetve téli betonozás feltételeinek egyike, amely az átlagos környezeti hőmérséklet és a legkisebb (minimális) várható hőmérséklet függvénye (1.5.H1. táblázat).

1.5.H1. táblázat: Hideglépcsőfokok (MÉASZ ME-04.19:1995, 20. fejezet)

Hideglépcsőfok	Átlagos hőmérséklet határai, °C		Legkisebb várható hőmérséklet, °C
	alsó	felső	
I.	+15	+2	-2
II.	+2	0	-5
III.	0	-5	-10
IV.	-5	-10	-15
V.	-10	–	-20

Megjegyzés: A hideglépcsőfokok C 10 – C 12 szilárdsági jellel (visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány, mai MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szerinti: C12/15 – C16/20) készített betonokra vonatkoznak, amelyeket szélcsendes időben dolgozunk be $30 > M > 4$ felületi modulusú szerkezeti elembe.

Ha a beton szilárdsági jele C 10-nél (mai C12/15) kisebb vagy C 12-nél (mai C16/20) nagyobb, ha a felületi modulus 30-nál nagyobb vagy 4-nél kisebb, továbbá, ha az időjárás szeles, akkor a levegőhőmérséklet tényleges értékeit az 1.5.H2. táblázat hőfok-értékeivel módosítani kell.

1.5.H2. táblázat: Levegőhőmérséklet tényleges értékeinek módosítása a hideglépcsőfokok meghatározásához (MÉASZ ME-04.19:1995, 20. fejezet)

A körülmények jellemzése	Módosító értékek, °C
C 16 – C 35 szilárdsági jelű betonokra (mai C20/25 – C40/50)	+2
C 40 – C 55 szilárdsági jelű betonokra (mai C45/55 – C55/67)	+4
C 8 – C 12 szilárdsági jelű betonokra (mai C12/15 – C16/20)	-2
Ha a felületi modulus nagyobb, mint 30	-2
Ha a felületi modulus kisebb, mint 4	+2
Közepes erősségű szél esetén	-2
Erős szélvihar esetén	-4
Megjegyzés: A szilárdsági jelek a visszavont MSZ 15022/1:1986 szabvány szerint értendők, zárójelben az ezeknek megfelelő, mai MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti jelek állnak.	

Példa:

Például egy C 8 szilárdsági jelű (visszavont MSZ 15022/1:1986 szabvány, mai C12/15) betonból készülő 1 m vastag súlytámfal felületi modulusa $M = 2 \text{ m}^{-1}$, mert a függőleges fal mindkét felülete lehülhet, tehát 1 m^3 térfogathoz 2 m^2 lehülő felület tartozik.

Ha ezt a támfalat közepes szélben betonozzuk, akkor a környező levegő hőmérsékletét az *Lev-hőm-mód. táblázat* alapján a következőképpen kell módosítani:

- a C 8 (mai C12/15) szilárdsági jel miatt: -2 °C,
- az $M = 2$ felületi modulus miatt: +2 °C,
- a közepes szél miatt: -2 °C, összesen tehát -2 °C.

Ez azt jelenti, hogy például, ha a környezeti hőmérséklet átlaga: +1 °C és legkisebb értéke (minimuma): -4 °C, akkor az *Hideglépcsőfok táblázat* szerint átlagos esetben a hideglépcsőfok II. jelű lenne, de a szerkezet és a széljárás jellemzői miatt 2 °C értékkel kisebb környezeti hőmérsékleteket, következésképpen -1 °C átlagos és -6 °C legkisebb (minimális) értékeket kell számításba venni. Emiatt adott esetben a III. jelű hideglépcsőfoknak megfelelő intézkedéseket kell hozni.

A hideg időjárás hőmérséklet-határainak szabatos, egyértelmű meghatározása azért is nehéz, mert egyrészt a hőmérséklet átlagán kívül annak ingadozása is számottevő hatású, másrészt a beton szilárdulása alapvetően attól függ, hogy milyen korban, a készítést követően hány óra múlva hül le. Ezért az *Hideglépcsőfok táblázatban* és az *Lev-hőm-mód. táblázatban* megszabott hőfokok nagyvonalú átlagolás eredményei és elsősorban tájékoztatásként célszerű azokat értelmezni a hideg időre, téli betonozásra való felkészüléshez szükséges intézkedések előkészítéséhez. Az adott, konkrét helyzetben szükséges tennivalókról mérlegelés után kell dönteni. (MÉASZ ME-04.19:1995, 20. fejezet)

Lásd még: Felületi modulus, Téli betonozás

Hidralizál

Ha vizes oldatban hidroxil-csoportot fogad be a só molekula, akkor azt mondjuk, hogy hidralizál. Például a kalcium-oxid (oltott mész) vizes oldatban hidralizál, és kalcium-hidroxiddá válik: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$

Hidratáció, szolvatáció

Hidratációnak a vizes oldatba kerülő ionok hidrátburkának kialakulását nevezik. A hidratáció során a víz dipolusú molekulái (a víz molekulái aszimmetrikusak, amelyekben a pozitív és negatív elektromosság súlypontja nem esik egybe) ellentétes töltésükkel körülveszik az ionokat, és hidrátburkot alakítanak ki körülöttük. (*Somogyi B.-né szerk., 1976*)

*Talabér*⁹⁷ és szerzőtársai (1966) szerint hidratáción a víz és a vízben oldott anyag molukulái között létrejövő asszociálódás (társulás), mint folyamat értendő. Az ilyen asszociációs folyamatot általában (ha az oldószer nem víz, akkor) szolvatációnak nevezik.

Az oldószer és az oldott anyag közötti asszociálódás különösen poláris folyadékok (a vízmolekulák dipolusúak) esetén gyakori folyamat. A poláris (poláros) folyadékokban a poláris (poláros) anyagok szolvatálódnak nagymértékben; más szóval a vízben az elektrolitek – vagyis a vizes oldataikban ionokra disszociálódó vegyületek, – mint legpolárosabb vegyületek hidratálódnak a legnagyobb mértékben. (*Talabér et al.*, 1966)

Az ionok hidratálódásával nem sztöchiometrikus (nem molekulasúly, helyesebben nem relatív molekulatömeg szerinti) molekulavegyületek jönnek létre, hanem olyanok, amelyekben az ionokat a polarizált vízmolekulák, mint dipólusok sugarasan irányított helyzetben, rajszerűen veszik körül, és ezzel az ion körül burkot képeznek, amely burok bizonyos vastagságban az ionnal együtt mozog. Az ionhoz erősebb kötőerőkkel kapcsolódó vízmolekulák száma annál nagyobb, minél kisebb az ion vegyértéke; a kétvegyértékű ionok tehát nagyobb mértékben hidratálódnak, mint az egyvegyértékű ionok. (*Talabér et al.*, 1966)

A cementek kötése és szilárdulása hidratációval megy végbe, amellyel részletesen például *Balázs György* professzor (1987) foglalkozott. Megállapította, hogy a cementkő, illetve a beton szilárdságának hordozói a kalcium-szilikát-hidrátok (CSH), amelyek kialakulásának alapegyenlete:

alit (C_3S) és belit ($\beta\text{-}C_2S$) klinkerásvány + víz = kalcium-szilikát-hidrát + kalcium-hidroxid

⁹⁷ *Talabér József* (1918, Keresztény – 2011, Budapest) okl. kohómérnök, a kémiai tudományok doktora, egyetemi tanár, Állami-díjas. Diplomáját 1942-ben, Sopronban, a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bánya- és Kohómérnöki Karán szerezte. Az oklevél megszerzése után tanársegéd, majd ezt követő első munkahelye a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. volt. Ezután a Tatabányai Cementgyár, a Karbid- és Ferroszilikiumgyár, a Szénleparló Üzemek, majd a Tatabányai Cement- és Mészművek főmérnöke. 1949-1958 között minisztériumi osztályvezető, majd főmérnök. 1959-1963 között az épülő Dunai Cement- és Mészmű igazgató főmérnöke volt.

1964-től 1983-ig az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet (ÉaKKI), illetve jogutódja a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet (SZIKKTI) igazgatója, amelyet korszerűen felszerelt laboratóriumokkal, gazdag könyvtárral (vezetője az Intézet fénykorában *Poprády Géza* főkönyvtáros, később az Országos Széchényi Könyvtár főigazgatója volt) rendelkező, számos publikációt és tudományos közleményt kibocsátó európai hírű kutatóintézeté, a nemzetközi Siliconf szilikátipari konferenciák szervezőjévé fejlesztett.

1965-től egyetemi tanárként oktatott a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Tanszékén, 1967 és 1975 között tanszékvezető volt a Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszékén. 1970-1986 között a BME Építőmérnöki Kara Tudományos Tanácsának és Doktori Bizottságának munkájában vett részt.

1956-ban a kémiai tudományok kandidátusa, 1992-ben a kémiai tudományok doktora lett.

Dr. Talabér Józsefet kitüntették a Munka Érdemrenddel (1963), a Munka Érdemrend arany fokozatával (1983), elnyerte az Eötvös-díjat (1974), az Állami Díjat (1978).

Fő kutatási területe a cementtechnológia és -kémia volt. Tudományos publikációinak száma mintegy 90. Főszerkesztője és társszerzője a „Cementipari kézikönyv”-nek (1966), a „Nagyipari létesítmények 1945-75” című könyvnek (1975), az „Építőipar II. Építőanyagok” című műszaki értelmező szótárnak (1977) és a Moszkvában kiadott „Glinozemisztij cement” című könyvnek (1988).

Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) főtákará (1958–1975), majd elnöke (1975–1990), ezt követően tiszteletbeli örökös tagja volt. Szívügyének tekintette az SZTE havonta megjelenő tudományos folyóiratának, az Építőanyag című lapnak a szerkesztését, amelynek évtizedeken át szerkesztőbizottsági elnöke, majd 2005-től örökös tiszteletbeli elnöke volt. A legkülönbözőbb beosztásokat töltötte be az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságban (OMFB), a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) stb. bizottságaiban.

A szilárdulás során nagy mennyiségű, a felhasznált cement tömegére vonatkoztatott 15-20% kalcium-hidroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CH}$) keletkezik, amely 12-14 pH értékű lúgos környezetet biztosít, és amely egyik feltétele a vasbetonszerkezetekben lévő acél korrózió elleni védelmének. A beton felületén azonban ez a kalcium-hidroxid kalcium-karbonáttá (CaCO_3) alakul át (karbonátosodás), és a pH-érték 7 felé tart, amely az acél védelméhez kevés, és indokát adja a megfelelő betonfedés szükségességének.

A felit (trikalcium-aluminát $\rightarrow \text{C}_3\text{A}$) klinkerásvány hidratációja során duzzadás közben úgy nevezett elsődleges ettringit ($\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) képződik mindaddig, amíg ehhez a szulfátion koncentráció elegendő, és ha az elfogyott, akkor az ettringit monoszulfáttá (MS) kristályosodik. Az ettringit nem stabil, a monoszulfát stabil ásvány.

Celit (tetra-kalcium-aluminát-ferrit $\rightarrow \text{C}_4\text{AF}$) klinkerásvány hidratációja ugyanúgy megy végbe, mint a felit hidratációja, de az ettringitképződés már a hidratáció legelején gyakorlatilag befejeződik. (Balázs, 1987)

A cement hidratációhőjét elsősorban

- a cement kémiai és ásványi összetétele,
- a cement őrlési finomsága,
- a bedolgozott friss beton hőmérséklete,
- a keverővíz mennyisége,
- az alkalmazott kötőgyorsító vagy -késleltető adalékszer fajtája és mennyisége

befolyásolja. (Balázs, 2007)

A portlandcement hidratációjával részletesebben *könyvünk 16.1. fejezetében* foglalkozunk

Lásd még: Betonfedés, Cementkő, Elektrolitos disszociáció, Ettringit, Karbonátosodás, Klinkerásványok, Mellékvegyértékkötés, Tömegbeton

Hidratációhő

Lásd: Hidratáció

Hidratációs fok

A hidratációs fok többféleképpen kifejezhető, például a már hidratált cement és az összes cement tömegének hányadosát jelenti.

Lásd még *könyvünk 16.1. fejezetét*.

Hidraulikus gradiens

A hidraulikus gradiens (fajlagos nyomásesés) a szivárgások bármely áramvonalán, az áramvonal egységnyi hosszára jutó piezometrikus nyomáskülönbség (a légköri nyomáshoz viszonyított egyensúlyi relatív nyomáskülönbség). Jele: *i*. (MSZ 15221:1969)

Lásd még: *Darcy*-féle törvény, Permeabilitási együttható

Hidraulikus modulus

Lásd: *Michaelis*-féle hidraulikus modulus

Hidraulikus tulajdonság

Hidraulikus tulajdonság a cementnek az a tulajdonsága, hogy reakcióképes szilícium-dioxid-tartalmánál jelentősen nagyobb mennyiségű mészhidrát-tartalmának köszönhetően, víz hatására, víz alatt is, önmagában szilárdulni képes. A hidraulikus tulajdonságú anyag, így a cement mész-modulusa: $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \geq 1,5$.

Lásd még: Mész-modulus

Hidraulit, hidraulikus kiegészítőanyag

Hidraulitnak vagy hidraulikus kiegészítőanyagnak a puccolános és a rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú anyagok összességét nevezik. A hidraulitok amorf, üveges szerkezetű anyagok. (Palotás, 1979. 1. kötet és 2. kötet)

Lásd még: Puccolános tulajdonság, Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság

Hidrát

A hidrát görög-latin eredetű kifejezés. Az „Idegen szavak és kifejezések” szótára (Bakos szerk., 1973) szerint a jelentése: vízzel alkotott vegyület; szilárd halmazállapotú kristályos vegyület, amelynek a molekulájában a víz meghatározott arányban van jelen.

A hidrátok a hidrátképződéssel és nem a hidratációval képződött molekulák, illetve vegyületek elnevezése. A hidrátokban a vízmolekulák az ionokhoz, atomokhoz vagy molekulákhoz mellékvegyértékkel kapcsolódnak.

A szilárd hidrátok a vizet úgy nevezett kristályvíz formában, sztöchiometriai (molekulasúly, helyesebben relatív molekulatömeg szerinti) arányban tartalmazzák. Azokat a vegyületeket, amelyekben a hidrogén és oxigén atomok aránya 2:1 – mint például a szénhidrátokban – nem sorolják a hidrátok közé. A mészhidrát (oltott mész, kalcium-hidroxid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) sem hidrát – tehát a mészhidrát elnevezés helytelen –, mert nem kristályvizet, hanem konstitúciós vizet tartalmaz. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Hidrátbeton, Hidrátvíz, Konstitúciós víz, Kristályvíz, Mellékvegyértékkötés

Hidrátbeton

A hidrátbeton a sugárvédő betonok csoportjába tartozó különleges beton. (Balázs, 2010)

A hidrátbeton kis és nagy rendszámú elemeket egyaránt tartalmaz, és elsősorban a neutronsugárzás ellen nyújt védelmet. Alapvető tulajdonsága a kémiaileg kötött víztartalom (hidrátvíz). Sugárvédőképessége a kémiaileg kötött víztartalom növekedésével nő. (Buday in Cement – Beton Zsebkönyv, 2007)

Összetétele olyan legyen, hogy a hidrátbeton mind a száraz testsűrűség, mind a hidrátvíz-tartalom tervezett, előírt értékét kellő biztonsággal érje el. A cement kémiaileg kötött víztartalma általában nem elegendő a követelmény teljesítéséhez, ezért a hidrátbeton készítéséhez nagy hidrátvíz-tartalmú adalékanyagot kell felhasználni. (Buday in Cement – Beton Zsebkönyv, 2007)

A hidrátbeton adalékanyagául a nagyobb kristályvíz-tartalmú kőzetek, így elsősorban a *szerpentin* (fő alkotója: $\text{Mg}_6[(\text{OH})_6\text{Si}_4\text{O}_{11}]\cdot\text{H}_2\text{O}$) vagy a *limonit* (fő alkotója: $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$) használható. A *szerpentin* a szilikátok csoportjába tartozó metamorf kőzet, amelynek kristályvíz-tartalma 11-13 tömeg%, testsűrűsége mintegy 2,5-2,6 g/cm³. A szerpentin a hidrátvíz-tartalmát +350 °C hőmérsékletig is megtartja. A *limonit*, más szóval a barnavasérc, többféle vastartalmú ásványt tartalmazó kőzet neve, amelynek kristályvíz-tartalma 10-12 tömeg%, testsűrűsége mintegy 3,50-3,8 g/cm³.

Az adalékanyagként alkalmazható kőzetek közül a legtöbb hidrátvizet a *bauxit* ($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tartalmazza, amelynek azonban kicsi a testsűrűsége és a szilárdsága, ezért Kunszt György⁹⁸

⁹⁸ Kunszt György (1924, Budapest – 2010. Budapest) okl. építészmérnök, filozófus, Széchenyi-díjas (2006), Alpár Ignác-emlékermes (1966), a műszaki tudomány kandidátusa (1962), majd a műszaki tudomány doktora (1974).

Építészmérnöki diplomát 1949-ben szerzett a Budapesti Műszaki Egyetemen. Kunszt György az ÉM Építésügyi Minisztérium Kutatási Osztályának vezetője (1961-1967), az ÉTI Építéstudományi Intézet tudományos igazgatóhelyettese (1968-1980), majd igazgatója (1980-1985), ezt követő tudományos tanácsadója volt. Több alkalommal töltötte be az MTA Műszaki Osztálya Építéstudományi Bizottságának elnöki tisztét; a CIB (Nemzetközi Építéskutató Tanács) alelnöke; 1991-től pedig a BME címzetes egyetemi tanára volt. Életművéről,

(Kunszt, 1962) kandidátusi értekezésében megfogalmazott véleménye szerint sugárvédő hidrátbetonnak – a nagy kötött víztartalmú limonit beszerzési nehézségeire tekintettel – a bauxitos habarccsal (bauxithomokkal) készített nehéz-adalékanyagú hidrátbeton alkalmas, amely egyrészt a neutronsugárzást, másrészt a gamma-sugárzást fékezi. Kunszt György a csillebérci reaktor építése kapcsán kutatta a bauxithomok-tartalmú sugárvédő nehézbeton tulajdonságait, amelyre vonatkozóan számos megállapítást tett (Balázs, 2010).

Lásd még: Gamma-sugárzás, Hidrátvíz, Ionizáló sugárzás, Neutronsugárzás, Sugárvédő beton, Sugárzás

Hidrátvíz, Kristályvíz

A hidrátvíz vagy kristályvíz azoknak a vízmolekuláknak a neve, amelyek más molekulákkal, sztöchiometrikus (törvényszerű) arányban kristályosodnak, azaz a szóban forgó molekulákkal együtt a kristályrácsba beépülnek. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Hidrátbeton, Neutronsugárzás

Hidrid

A hidridek a hidrogén két elemből vagy összetevőből álló (biner) vegyületei fémekkel vagy nemfémekkel. A hidridek csoportjai a következők (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982):

- *Kovalens hidridek* a nemfémek (a periódusos rendszer IV.-VII. főcsoportjának elemei), valamint a bór és a gallium hidrogénnel alkotott biner vegyületei. Ezeket illékony vagy gázalmazállapotú hidrideknek is nevezik. Kovalens hidridek például a szénhidrogének, a szilícium-hidrogének, a boránok (bór-hidridek), az ammónia (NH_3), a foszfin, a víz (H_2O), a hidrogén-halogenidek. A hidrogén ezekben a vegyületekben többnyire elektron-pozitív, de a vegyületek apolárisak.
- *Elektrovalens hidridek* a periódusos rendszer III. főcsoportja egyes elemeinek hidrogénnel alkotott biner vegyületei, mint például a lítium-hidrid (LiH), a nátrium-hidrid, a kálium-hidrid, a kalcium-hidrid (CaH_2). Az elektrovalens hidridek többnyire szilárd, sószerű anyagok, amelyekben a hidrogén elektron-negatív tulajdonságú.
- *Fémes hidrideket* a periódusos rendszer mellékcsoportjainak elemei képeznek. Összetevőik nincsenek sztöchiometriai (molekulasúly, helyesebben relatív molekulatömeg szerinti) arányban, és a hidrogén atomokat a kristályrács fellazulása révén veszik fel. Így magyarázható a hidrogén oldhatósága sok fémekben. Egy térfogategységnyi vas például 19 térfogategységnyi hidrogént képes oldani és részben atomrácsába építeni.
- *Nagypolimerizációs hidrideket* a periódusos rendszer II. és III. főcsoportjainak néhány eleme alkot. Ebbe a csoportba tartozik például az alumínium-hidrid.

Hidrodinamikai permeabilitás, áteresztőképesség

A permeabilitás latin eredetű szó (permeare = áteresztetni, permeabilis = áteresztő).

A permeabilitás több jelentésű szó, a betonanyagtanban elsősorban mint áthatolás, áteresztőképesség, átbocsátóképesség hidrodinamikai fogalomként értelmezhető.

A „hidrodinamikai” jelző a szóban forgó permeabilitást megkülönbözteti a mágneses permeabilitás fogalmától. A hidrodinamikai permeabilitás folyadékok és gázok hártján, anyagon való áthatolását, a folyadék- és gáz-áthatolóképeséget, az anyag folyadék- és gáz-áteresztőképességét kifejező fogalom. A hidrodinamikai permeabilitás fizikailag nem más, mint

műszaki, filozófia, tudományelméleti tevékenységéről és tanulmányiról a világhálón számos helyen, többek között például itt: <https://moly.hu/alkotok/kunszt-gyorgy/wikipedia> vagy például itt: <http://www.magyarpaxromana.hu/hirek/kunsztgyorgy041106.htm> stb. olvashatunk.

az áteresztő hártván, anyagon keresztül létrejövő diffúzió.

Ha a hártva fél-áteresztő, akkor ozmózisról beszélünk.

A permeabilitás (k) mértékegysége a darcy. 1 darcy permeabilitású az a közeg, mely 1 mPa·s dinamikai viszkozitású folyadékot 1 atm/cm nyomásgradiens mellett 1 cm³/s intenzitással enged keresztül (1 darcy = $9,869233 \times 10^{-13}$ m²).

A beton és vasbeton szerkezetek betonjának helyszíni vizsgálatára elterjedt a Germann-típusú víz-permeabilitás (GWT) és a Torrent-típusú lég-permeabilitás vizsgáló készülék (*Varga*, 2004). A beton helyszíni légáteresztőképesség (lég-permeabilitás) vizsgálatát a svájci SIA 262/1:2019 műszaki előírásban elő is írták, és abban a vizsgálati módszer leírása is megtalálható (*Jakobs et al.*, 2009). A nedvességtartalom és a technológiai jellemzők hatását a lég-permeabilitásra például *Gräf és Grube* (1986) vizsgálta.

Lásd még: Permeabilitási együttható, *Darcy*-féle törvény, diffúzió, migráció, ozmózis

Hidrofil tulajdonság (viselkedés)

*Römpf*⁹⁹ Vegyészeti Lexikon második kötetében (*Neumüller*¹⁰⁰ szerk., 2. kötet, 1982) olvashatjuk, hogy a hidrofil görög eredetű szó (hydro = víz, filosz = barát) és jelentése: vízkedvelő. Ellentéte a hidrofób tulajdonság (viselkedés).

Lásd még: Hidrofobizálás, Hidrofób tulajdonság, Nedvesítési szög

Hidrofobizálás

A hidrofobizálás anyagfelületi víztaszító kikészítés (*1.5.H3. ábra*). A hidrofobizálószerkezet a kezelt anyag (például beton, habarcs, fa stb.) felületét igen vékony hidrofób réteggel borítják be. A hidrofobizált anyag pórusai, kapillárisai nem szabad, hogy elzáródjanak; az anyag légzőképes kell maradjon. (*Neumüller* szerk., 2. kötet, 1982)

⁹⁹ *Hermann Römpf* (1901, Weiden – 1964, Ebenda) német vegyész. A Tübingeni Egyetemen, ahol doktorált, 1922-1926 között botanikát tanult, majd 1945-ig a ludwigsburgi gimnáziumokban kémiát tanított. Német nyelvű kémiai lexikon írását 1938-ban határozta el. Első egykötetes kémiai lexikona 1947-ben, az átdolgozott és bővített kétkötetes lexikona 1950-ben, és még szerzősége alatt az 5. kiadás 1962-ben jelent meg. Az 1. kiadás 7700, az 5. kiadás 28850 kulcsszót tartalmazott. *Hermann Römpf*nek a kémiai tudományok előmozdításáért Baden-Württemberg tartomány 1961-ben professzori címet adományozott. 1964-ben halt meg, miközben még a kémiai lexikon 6. kiadásán dolgozott. (https://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Römpf)

A „Römpf Chemie-Lexikon” hatkötetes 7. kiadása mintegy 40000 címszóval *Otto-Albrecht Neumüller* (lásd alább) főszerkesztése alatt és kiadásában 1977-ben jelent meg (ez képezte a négykötetes magyar kiadás alapját). Az 1999-ben megjelent 10. kiadásban szereplő címszavak száma mintegy 60000. (https://de.wikipedia.org/wiki/Römpf_Lexikon_Chemie)

Érdekesség, hogy *Hermann Römpf* a Ludwigsburger Zeitung napilapban 1931-ben „Reiseeindrücke aus Budapest” címmel beszámolót jelentetett meg a budapesti utazásáról.

¹⁰⁰ *Otto-Albrecht Neumüller* (1930, Jena – 2019, Essen) német kémikus, a *Römpf Lexikon Chemie* (*Römpf Vegyészeti Lexikon*) 7. kiadásának kiadója (1977). Kasselben érettségizett (1949), a Göttingeni Egyetemen doktorált (1969). Levéltáros, tudományos munkatárs és könyvtáros volt a mülheimi Max-Planck-Institut für Kohlenforschung szénkutató intézetben. A *Römpf Vegyészeti Lexikon* kiadásáért 1978-ban vegyipari irodalmi díjban (Literaturpreis des Fonds der Chemischen Industrie) részesült. A *Römpf Vegyészeti Lexikon* négykötetes magyar kiadása a *Neumüller-féle* 7. kiadás *Polinszky Károly* (1922-1998, Kossuth-díjas vegyészmérnök, a kémiai tudomány doktora, egyetemi tanár, akadémikus) vezetésével kiegészített változata. 2003-ban a Duden Kiadó Mannheimben megjelentette a kémiai szakkifejezések szótárát (Wörterbuch Chemischer Fachausdrücke, The Dictionary of Chemical Terms). (https://de.wikipedia.org/wiki/Otto-Albrecht_Neumüller)



1.5.H3. ábra: Vízcsepp viselkedése a hidrofobizálatlan és a hidrofobizált gázbeton (pórusbeton) felületén

Minden kő, beton vagy egyéb építőanyag konzerválásánál a hidrofobizálás, azaz a felületi víztaszító impregnálás legyen a záróművelet.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/179-feluletvedelem.pdf>

Lásd még: Hidrofób tulajdonság, Impregnálás

Hidrofób tulajdonság (viselkedés)

Hidrofób görög eredetű szó (hydro = víz, fobosz = félelem). Jelentése: vizet nem kedvelő, víztaszító. Ellentéte a hidrofíli tulajdonság (viselkedés). (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Hidrofíli tulajdonság, Hidrofobizálás, Nedvesítési szög

Hidrogén korrózió

A hidrogén korrózió olyan elektrokémiai korróziós folyamat, amelynek során a katódon elektron-felvétellel hidrogén fejlődik: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$. (Benedix, 2008), (Ch. Fischer, 2012)

Lásd még: Anódos korrózió, Acélbetét korróziója

Hidrogénion

A hidrogén-atomból, amely egy protonból és egy elektronból áll, az elektron leszakadása után visszamaradó egy vegyértékű ion, a hidrogén-atom magja (H^+ , proton).

Hidrogénion-koncentráció, hidrogénion-aktivitás, pH-érték, pH-skála

A hidrogénion-koncentráció ¹⁰¹ lényegében egy liter (dm³) vizes híg oldatban lévő hidrogénionok mol-ban kifejezett mennyisége. Jele: a_H

A pH-érték valamely adott oldat kémhatását (savasságát vagy lúgosságát) jellemzi. ¹⁰²

Híg vizes oldatokban a hidrogénion-koncentráció a hidrogénionok molban kifejezett koncentrációja, semleges kémhatású vízben 10⁻⁷ mol/dm³, savanyú oldatban ennél nagyobb (például 10⁻⁴ mol/dm³), lúgos oldatban kisebb (például 10⁻¹² mol/dm³).

A gyakorlatban a hidrogénion-koncentráció (a_H) helyett általában annak negatív logaritmusát (a 10-es alap negatív hatványkitevőjét) adják meg (pH = $-\log_{10} H^+$), amelyet pH-értéknek neveznek (p = potencia, azaz hatvány latinul). A pH-érték savanyú oldatban pH < 7, lúgos oldatban pH > 7.

A tömeghatás fizikokémiai törvényének értelmében egyensúlyban az ionok koncentrációjának szorzata állandó, így szobahőmérsékleten a víz esetén a hidrogénion (H⁺) és hidroxilion (OH⁻) koncentrációjának szorzata mindig 10⁻¹⁴ (például, ha $konc_{H^+} = 10^{-6}$ és $konc_{OH^-} = 10^{-8}$, akkor $10^{-6} \times 10^{-8} = 10^{-14}$).

A pH-érték valójában a hidrogénion-aktivitástól (a_{H^+} , molar hydrogenion activity) függ, ami töményebb oldatokban nem egyenlő a hidrogénion-koncentrációval. Tömény oldatok esetén a pH értékét a hidrogénion-aktivitás segítségével fejezzük ki (pH = $-\log_{10} a_{H^+}$).

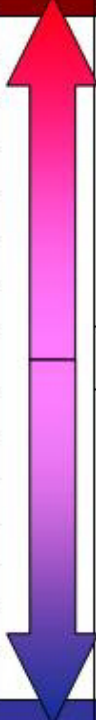
A hidrogénion-aktivitást a koncentrációból az aktivitási együttható (szorzó) segítségével kaphatjuk meg, amely 0 és 1 közé eső viszonyszám, és számos tényezőtől, köztük a hidrogénion-koncentrációtól függ.

Kis hidrogénion-koncentráció mellett az aktivitási együttható magas, értéke jó közelítéssel 1. Így híg oldatban a hidrogénion koncentráció megegyezik a hidrogénion aktivitással, és a pH-érték közvetlenül számolható a koncentrációból.

A pH-érték pontos eredményt adó elektro-potenciometriás mérése például az ISO 4316:1977, az MSZ EN ISO 10523:2012, az MSZ 1484-22:2009 szabvány szerint végezhető. Az indikátorpapíros (lakmuszpapíros) és összehasonlító pH-skálás (1.5.H4. ábra) tájékoztató pH-érték mérési módszer leírása az MSZ 260-4:1971 szabványban található.

¹⁰¹ Koncentráció alatt összetételi arányt, jelen esetben anyagmennyiség-koncentrációt, azaz térfogategységnyi (dm³) vizes oldatban lévő moláris tömegű oldott hidrogénion mólokban kifejezett kémiai anyagmennyiséget kell érteni.

¹⁰² A pH-érték fogalmát Søren Peter Lauritz Sørensen (1868, Havrebjerg – 1939, Charlottenlund) dán biokémikus vezette be. Tanulmányait a Koppenhágai Egyetemen 1881-ben fejezte be, ahol 1899-ben Ph.D. fokozatot szerzett. Egyetemi tanulmányait követően a Koppenhágai Műszaki Egyetemen kutatója, majd 1901-től 1938-ig a Carlsbergi sörgyár támogatását élvező Carlsberg-Laboratorium kémiai osztályának vezetője volt. Nevéhez több jelentős kutatási eredmény fűződik, a pH-érték skáláját 1909-ben alkotta meg (Sørensen, S. P. L.: „Enzymstudien. II: Mitteilung. Über die Messung und die Bedeutung der Wasserstoffionenkoncentration bei enzymatischen Prozessen”. Biochemische Zeitschrift, 1909. 21, pp. 131–304.).

	pH érték	Az H^+ ionok arányszáma			
SAVAS Az H^+ ionok túlsúlya (A lakmuszpapírt pirosra színezi)	0	10^0	10 000 000		A Hidrogénionok (H^+) koncentrációja 10 szerez 100 szoros ... 10 000 000 szoros a hidroxidionokhoz képest.
	1	10^{-1}	1 000 000		
	2	10^{-2}	1 00 000		
	3	10^{-3}	10 000		
	4	10^{-4}	1000		
	5	10^{-5}	100		
	6	10^{-6}	10		
SEMLEGES (A lakmuszpapír lila)	7	10^{-7}	0		$H^+ = OH^-$ ionok aránya megegyezik
LÚGOS Az OH^- ionok túlsúlya (A lakmuszpapírt kékre színezi)	8	10^{-8}	10		A hidroxidionok (OH^-) koncentrációja 10 szerez 100 szoros 10 000 000 szoros a hidrogénionokhoz képest.
	9	10^{-9}	100		
	10	10^{-10}	1000		
	11	10^{-11}	10 000		
	12	10^{-12}	100 000		
	13	10^{-13}	1 000 000		
	14	10^{-14}	10 000 000		
	pH érték	Az OH^- ionok arányszáma			

1.5.H4. ábra: pH-skála (http://www.lugositas.info/ph_ertek_savak_lugok_sok)

Lásd még: Lakmuszpapír, Anyagmennyiség-koncentráció

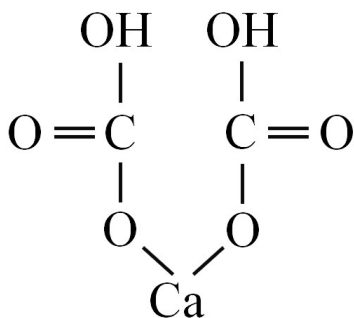
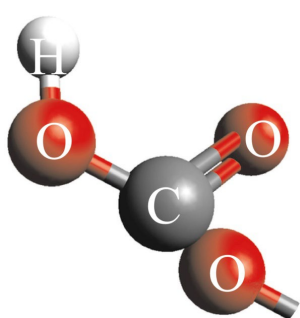
Hidrogén-karbonát, hidro-karbonát, bikarbonát

A hidrogén-karbonátiont (HCO_3^-) tartalmazó vegyületek elnevezése, amelyeket hidro-karbonátoknak is neveznek (1.5.H5. ábra). A bikarbonát a hidrogén-karbonátok elavult neve.

A hidrogén-karbonátok a szénsav (H_2CO_3) bázisos (lúgos) sói. Például a kalcium-hidrogén-karbonát ($Ca(HCO_3)_2$), amely bázisos só, kevés szénsav (H_2CO_3) és sok kalcium-karbonát ($CaCO_3$) egymásra hatásából keletkezik.

A víz változó keménységét (karbonát-keménységét) a vízben oldott kalcium-hidrogén-karbonát ($Ca(HCO_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát ($Mg(HCO_3)_2$) mennyisége határozza meg.

Lásd még: Bázisok, Vízkeménység, Keménység

1.5.H5. ábra: Hidrogén-karbonátion (HCO_3^-) és kalcium-hidrogén-karbonát ($Ca(HCO_3)_2$) kémiai szerkezete**Hidrogénsavak**

Hidrogénsavaknak azokat a savakat nevezzük, amelyeknek a molekulái a hidrogénen kívül csak egy egyedül álló elemet vagy egy meghatározott egyszerű savmaradékot tartalmaznak.

Az előbbire példa a hidrogén-klorid (sósav: HCl), az utóbbira példa a hidrogén-cianid (cián-hidrogén, kéksav: HCN). (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Savak, Savak visszamaradt része

Hidrolízis

A hidrolízis görög eredetű szó (hydro = víz; lyein = feloldani).

Hidrolízis annak a kémiai reakciónak az elnevezése, amelynek során valamely vegyület kovalens kötése víz hatására felbomlik.

Ha sót vízben feloldunk, akkor a víz összetevői (OH^- és H^+) a felbomlott sómolekula töredékeihez kapcsolódnak. Ha *erős bázis és gyenge sav sóját* (például nátrium-karbonátot, Na_2CO_3) oldjuk vízben, a savmaradék (például CO_3^{2-}) a protonnal (H^+ hidrogénionnal) gyenge savvá (például szénsavvá, H_2CO_3) egyesül, az oldat a hidroxidionok (OH^-) révén bázikus kémhatású lesz. Ha *erős sav és gyenge bázis sója* (például ammónium-klorid, NH_4Cl) hidrolizál, a hidroxidionok (OH^-) megkötésével gyenge bázis keletkezik, a megmaradt protonok (H^+) miatt az oldat savas kémhatású lesz. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982), (Benedix, 2008)

A hidrolízis szinonimája a protolízis. A hidrolízis a régebbi, a protolízis az újabb kifejezés. (Benedix, 2008)

Lásd még: Kovalens kötés, Protolízis

Hidrosztatikai mérleg

A hidrosztatikai mérleg a szabálytalan alakú szilárd testek anyagsűrűség-, illetve testsűrűség-mérési eszközeinek egyike: olyan kétkarú laboratóriumi táramérleg, amelynek egyik serpenyője oly magas helyzetű, hogy annak alsó horgára mérőfolyadékba merülő próbatesttartó-kosarat lehessen akasztani. Működése *Archimedes* törvényén alapszik: segítségével megmérhető az ismert sűrűségű mérőfolyadékba merülő – a mérőfolyadékban nem oldódó – tömör (nem porózus, pórus- légbuborék- hézag- stb. mentes), ismert tömegű test *látszólagos* súlyvesztése, amelyből a tömör test térfogatát és ennek felhasználásával a sűrűségét (anyagsűrűségét) ki lehet számítani. A hidrosztatikai mérleg a lezárt pórusú porózus testek testsűrűségének meghatározásához is használható. (Balázs szerk., 1983), (Weiss, 1974, I. kötet).

Lásd még: Archimedes törvénye, Anyagsűrűség, Mohr-Westphal mérleg

Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága

Az Eurocode szabvány alapján tervezett közúti hidak építésére alkalmas – az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány 2.1. táblázata szerint a tartószerkezeti betonok tervezési élettartam szerinti 5. osztályába tartozó – 100 év tervezési élettartamú tartószerkezeti betonokat hídszerkezeti betonoknak nevezzük.

A tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága fogalmának címszava alatt mondtak a hídszerkezetek betonjának nyomószilárdságára is érvényesek.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány

- 2.4.2.4. szakaszának 2.1.N táblázata szerint a tartós és ideiglenes beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek betonjának biztonsági (parciális) tényezője osztott biztonsági tényezős méretezési eljárás esetén $\gamma_c = 1,5$ értéket veszi fel, és
- 3.1.6. szakaszához tartozó NA8.1. nemzeti előírás szerint a tartós terhelések hatás tényezőjének értéke 100 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén $\alpha_{cc} = 0,85$,

amely értékek alkalmazásával a tartószerkezeti betonok tapasztalati (mért) nyomószilárdsága – a *tartószerkezet tervezése során* – számításba vett átlagértékének

$$f_{\text{cm,cyl,test}} - 8 = f_{\text{ck,cyl,test}} \geq f_{\text{ck,cyl}} = \left\lceil \left(\frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \right\rceil \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

összefüggése a hídszerkezeti betonok esetén a következő alakot veszi fel:

$$f_{cm,cyl,test} - 8 = f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \lceil (1,765 \times \sigma_{cu}) \rceil \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

ahol:

$f_{cm,cyl,test}$ = a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek tapasztalati (mért) nyomószilárdságának a *hídszerkezet tervezése során számításba vett* átlagértéke, [N/mm²],

a többi jel tartalma pedig megegyezik a tartószerkezeti betonok nyomószilárdságának tárgyalása során használtakéval. A $\lceil \text{érték} \rceil$ jel azt fejezi ki, hogy a jelben foglalt érték felfelé, a legközelebb álló kerek számra kerekített értékéről van szó.

Vegyünk egy példát: Ha $\sigma_{cu} = 16,5 \text{ N/mm}^2$, akkor $f_{cd} = 29,1 \text{ N/mm}^2$, majd $f_{ck,cyl} = 30,0 \text{ N/mm}^2$ és $f_{cm,cyl} = 38,0 \text{ N/mm}^2$. E beton Eurocode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályának jele az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata értelmében: C30/37. A példabeli hídszerkezeti beton akkor sorolható az Eurode 2 szerinti C30/37 nyomószilárdsági osztályba, ha a mért (tapasztalati) nyomószilárdságának átlaga ($f_{cm,cyl,test}$) eléri az előírt $f_{cm,cyl} = 38,0 \text{ N/mm}^2$ értéket.

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D melléklete szerint kísérlettel – mint például a szabvány D3. fejezetében említett, a leszállított termékek azonosítása vagy minőség-ellenőrzése, illetve a gyártási jellemzők egyenletességének ellenőrzése, vagy a megépült tartószerkezet, tartószerkezeti elemek viselkedésének megismerése vagy ellenőrzése céljából végzett vizsgálatokkal – segített tervezés esetén a mért anyagjellemzők vagy modellparaméterek értékeléséhez figyelembe kell venni az eredmények szórását, a kísérletek számából származó statisztikai bizonytalanságot és az előzetes statisztikai ismereteket. (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány D5. fejezete)

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza szerint a vizsgálati eredményekből az $f_{ck,cyl,test}$ tapasztalati jellemző értékét az

$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} \times (1 - k_n \times V)$$

összefüggéssel kell meghatározni, ahol:

$V_x = s_{rel} = s/f_{cm,cyl,test}$ a relatív szórás (MSZ EN 1990:2011)

s = a szórás, [N/mm²]

k_n = a V_x relatív szórás (variációs tényező) ismert vagy ismeretlen voltának és a vizsgálati eredmények n számának függvényét képező alulmaradási tényező a Bayes-féle megközelítés alapján. Értéke nem egyenlő a például visszavont MSZ 256-2:1973 szabvány vagy az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti Student-tényező értékével: $k_n \neq t_n$.

Ez az összefüggés formailag megegyezik a visszavont MSZ 15022-1:1971 és a korabeli többi szabványban, szabályzatban a jellemző érték kiszámítására használt $K_{minősítési} = K_m \times (1 - t \times V_x)$ összefüggéssel, de a különféle szabványok, előírások formailag megegyező összefüggései is eltérő eredményekre vezetnek, ha az alulmaradási tényezőt, illetve az alulmaradási tágasságot nem egyformán értelmezik.

Az alulmaradási tényező értékei „ismert V_x ” relatív szórás (variációs tényező) esetén az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza alatt a D1. táblázat felső sorában, „ismeretlen V_x ” relatív szórás (variációs tényező) esetén annak alsó sorában találhatók (1.5.H3. táblázat).

1.5.H3. táblázat: A k_n alulmaradási tényező normális-eloszlás feltételezésével számított értékei az 5%-os jellemző érték (karakterisztikus érték) meghatározásához Bayes-féle megközelítéssel az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D1. táblázatában

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
„Ismert V_x ”	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
„Ismeretlen V_x ”	–	–	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakaszának (2) bekezdése szerint az 1.5.H3. táblázat „Ismert V_x ” sorát általában abban az esetben kell alkalmazni, ha a V_x vagy annak egy valós felső korlátja előzetes, korábbi kísérletekből származó, összehasonlítható adatok alapján már ismert, az „Ismeretlen V_x ” sorát pedig általában abban az esetben kell alkalmazni, ha a V_x előzetes adatok alapján még nem ismert, és azt a szóban forgó mintából kell meghatározni.

Megjegyzés: A Bayes-féle megközelítésről például az ISO 12491:1997 szabványban vagy például Plate (1993), Hartung et al. (2009), Loch (2014) stb. munkáiban lehet olvasni.

Az MSZ EN szabványrendszer sajátága, hogy az MSZ EN 206 betonszabvány szerinti nyomószilárdsági osztályához tartozó előírt átlagos nyomószilárdság ($f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 206)}$) nem azonos az ugyanolyan jelű Eurode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályhoz tartozó előírt átlagos nyomószilárdsággal ($f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 1992-1-1)}$), azaz $f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 206)} \neq f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 1992-1-1)}$. Amíg a példabeli C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton előírt átlagos nyomószilárdsága az MSZ EN 1992-1-1 szabvány szerint $f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 1992-1-1)} = f_{ck,cyl} = 30,0 + 8 = 38,0\text{ N/mm}^2$, addig az ugyancsak C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton MSZ EN 206 és az MSZ 4798 szabvány alapszövege szerinti előírt átlagos nyomószilárdsága $f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 206)} = f_{ck,cyl} = 30,0 + 4 = 34\text{ N/mm}^2$.

A nyomószilárdság elérendő (előírt) átlagértékének ($f_{cm,cyl}$) azért van jelentősége, mert a betontechnológus az előírt átlagos nyomószilárdság alapján határozza meg a gyártásba veendő beton összetételét. Az MSZ EN 206 szabvány, illetve az MSZ 4798 szabvány alapszövege szerinti előírt átlagos nyomószilárdságú ($f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 206)}$) beton összetételénél fogva nem alkalmas az Eurocode 2 szabvány (MSZ EN 1992-1-1) szerinti, ugyanolyan jelű nyomószilárdsági osztályhoz tartozó előírt átlagos nyomószilárdságú ($f_{cm,cyl,(MSZ\ EN\ 1992-1-1)}$) beton készítésére, mert beépítése esetén a beton szilárdsága és a szerkezet biztonsági tényezője kisebb, használati élettartama rövidebb lesz; tulajdonságai pedig elmaradnak a hídszerkezeti beton szükséges tulajdonságaitól.

Ez abban is megmutatkozik, hogy amíg az 5%-os küszöbértékű, a megfelelőség határán lévő nyomószilárdságú betonok MSZ EN 1992-1-1 szerinti átadás-átvételi valószínűsége mintegy 50:50%, addig a szintén 5%-os küszöbértékű, a megfelelőség határán lévő nyomószilárdságú betonok MSZ EN 206 szabvány és az MSZ 4798 szabvány alapszövege szerinti átadásának, illetve átvételének valószínűsége 70% körüli, és az átvétel visszautasításának valószínűsége csupán 30% körüli érték. (E kettősségre utal és burkoltan az alóla kivezető utat is mutatja az MSZ EN 206 szabvány J melléklete.)

Ezért a hídszerkezeti betonok nyomószilárdságát nem az MSZ 4798 szabvány O melléklete, hanem P melléklete szerint kell (kellene) értékelni, következésképpen ennek megfelelő minőségű betont kell (kellene) a hídszerkezetek építéséhez megrendelni és a hídszerkezetbe beépíteni. Az ilyen beton jelében a nyomószilárdsági osztály jele után (tapadó kötőjellel) fel kell tüntetni az AC₅₀(H) jelet. A példabeli C30/37 nyomószilárdsági osztályú betont ebben az esetben a gyártó nem $f_{cm,cube} \geq f_{ck,cube} + 4\text{ N/mm}^2$, hanem a C30/37-AC₅₀(H) minőséghez tartozó $f_{cm,cube} \geq f_{ck,cube} + 6\text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdsággal fogja legyártani, amely esetben a beton

szilárdsága megközelítheti az MSZ 1992-1-1 Eurocode szabvány szerinti hídszerkezeti betonok tervezett szilárdságát. Ha a hídszerkezeti betonok tapasztalati nyomószilárdságának jellemző értékét a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórásának felhasználásával számítják ki, akkor a számításhoz alulmaradási tényezőként az MSZ 4798 szabvány NAD P1. táblázatában található, a $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozó *Student*-tényezőket kell használni.

Lásd még: *Bayes*-féle megközelítés, Biztonsági tényező, Ismeretlen relatív szórás, Ismert relatív szórás, Feszítőerő-ráengedéskori betonkockaszilárdság, OC-görbe, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága, Tervezési élettartam

Hipergeometrikus valószínűségi eloszlás

Annak valószínűsége, hogy az N elemű, M nem megfelelő elemet tartalmazó halmazból visszatevés nélküli reprezentatív mintavétellel nyert n elemű mintában a nem megfelelő elemek száma k , a P_k hipergeometrikus valószínűségi eloszlással számítható ki:

$$P_k = \frac{\binom{M}{k} \times \binom{N-M}{n-k}}{\binom{N}{n}}$$

ahol $k = 0, 1, 2, \dots, n$ és a zárójelben a binomiális együtthatók.

A hipergeometrikus eloszlást e könyvben az OC-görbe levezetéséhez használtuk.

Lásd még: Binomiális valószínűségi eloszlás, OC-görbe.

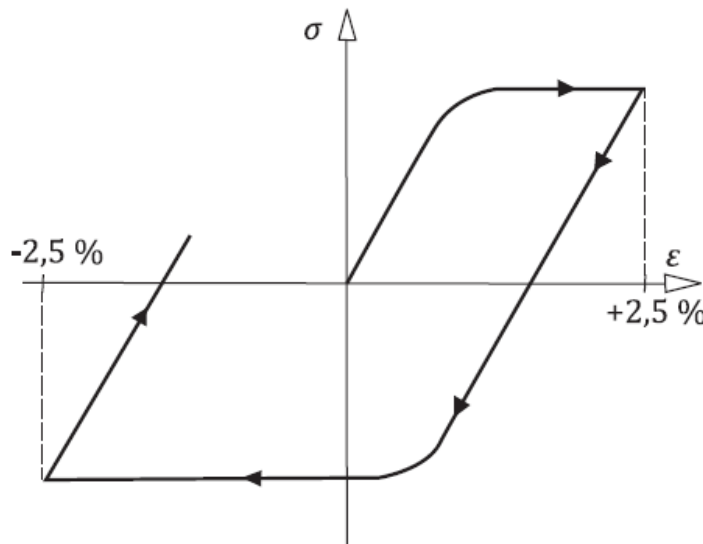
Hiszterézis hurok

Angolul: Hysteresis curve

Németül: Hysteresekurve

A hiszterézis hurok az ismételt terhelés – tehermentesítés hatására a feszültség-alakváltozási diagramon (σ - ε görbén) jelentkező hurok, amelynek átlója az első ismétlések során közel párhuzamos a σ - ε görbe arányossági határ alatti lineáris szakaszával, majd az ismétlődések számának növekedésével hajlásszöge egyre inkább csökken. A hiszterézis hurok felszálló ága érintője hajlásszögének vagy a hurok átlója hajlásszögének az iránytangense a tehermentesítési rugalmassági modulus (E_b), amely a σ - ε görbe adott pontjához tartozik.

Az MSZ EN ISO 15630-2:2020 szabvány szerint a betonacél és feszítőacél szilárdság-alakváltozás vizsgálata során a húzás-nyomási terhelési irány úgy kell változtatni, hogy a hiszterézis hurok a vizsgálati feltételek szerinti maximális és minimális értéket pontosan elérje (1.5.H6. ábra).



1.5.H6. ábra: Hiszterézis hurok az MSZ EN ISO 15630-2.2020 szabványban. A szabad befogási hossz: $10 \times d \pm 5\%$

Lásd még: Arányossági határ, σ - ε görbe

Hisztogram (Gyakorisági oszlopdiagram)

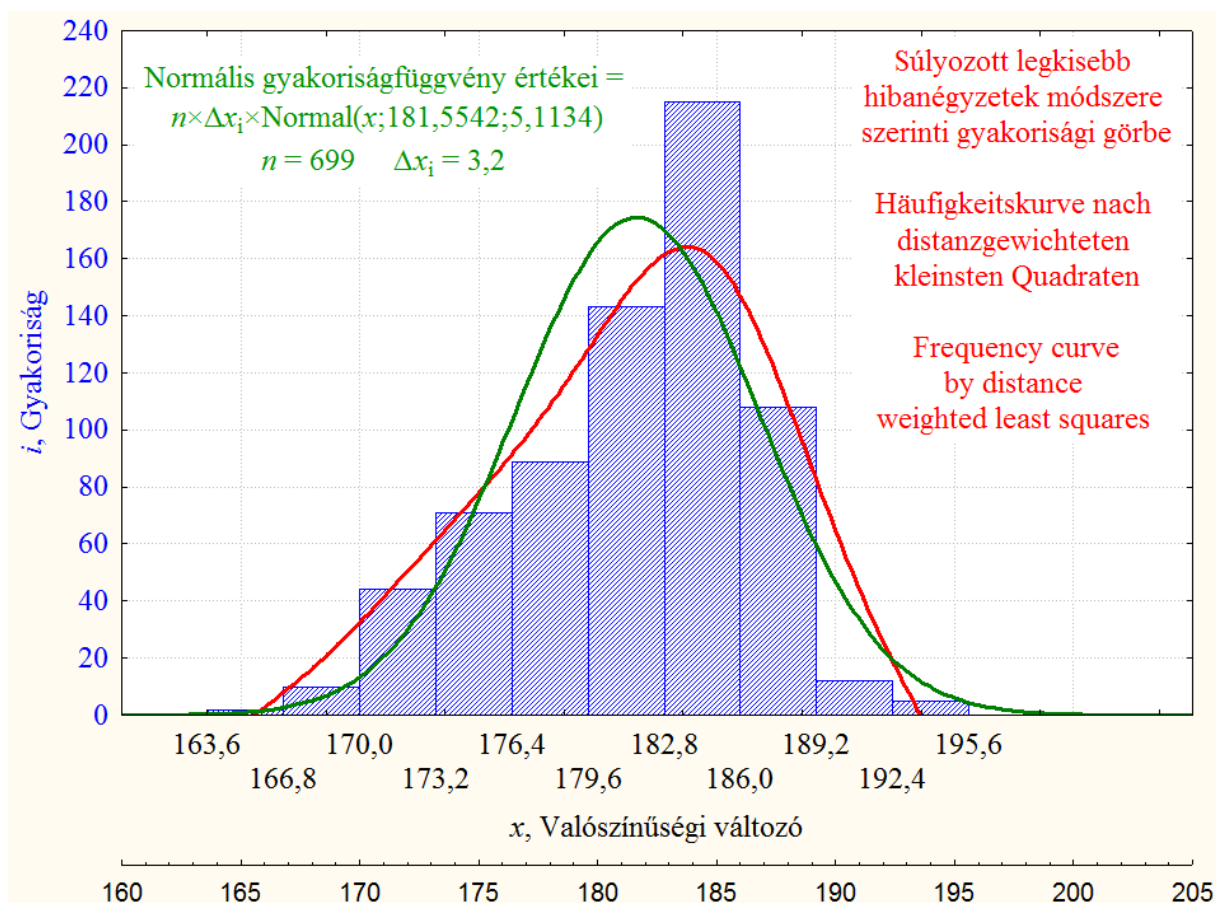
A hisztogram egy rendezett minta előre kitűzött változó-tartományaiba eső elemek számát vagy gyakoriságát ábrázolja. A hisztogram hasábjainak szélessége a változó-tartományt, magassága az abszolút vagy relatív gyakoriságot ábrázolja.

Az x abszcissza tengely felosztására nincs pontos szabály, de a hasábszélességet adó osztópontokat általában úgy választják meg, hogy minden $(x_{i+1} - x_i)$ intervallumba körülbelül $\sqrt[3]{n}$ mintaelem jusson, ahol n a mintaelemek száma. (Farkas M. szerk., 1979)

Az eloszlás, illetve a hisztogram ferdeségéről az átlag, a medián és a módusz (modus) értékének viszonya tájékoztató:

- ha: átlag > medián > módusz, akkor az eloszlás jobbra ferde (jobbra nyúlik el);
- ha: átlag < medián < módusz, akkor az eloszlás balra ferde (balra nyúlik el);
- ha: átlag = medián = módusz, akkor az eloszlás szimmetrikus.

A vizsgálati eredményeket a hisztogram alapján körülményes értékelni, ezért arra gyakoriságfüggvényt vagy gyakorisági görbét szokás fektetni. A gyakorisági görbe a vizsgálati eredmények eloszlásának ferdeségét is jól szemlélteti (1.5.H7. ábra).

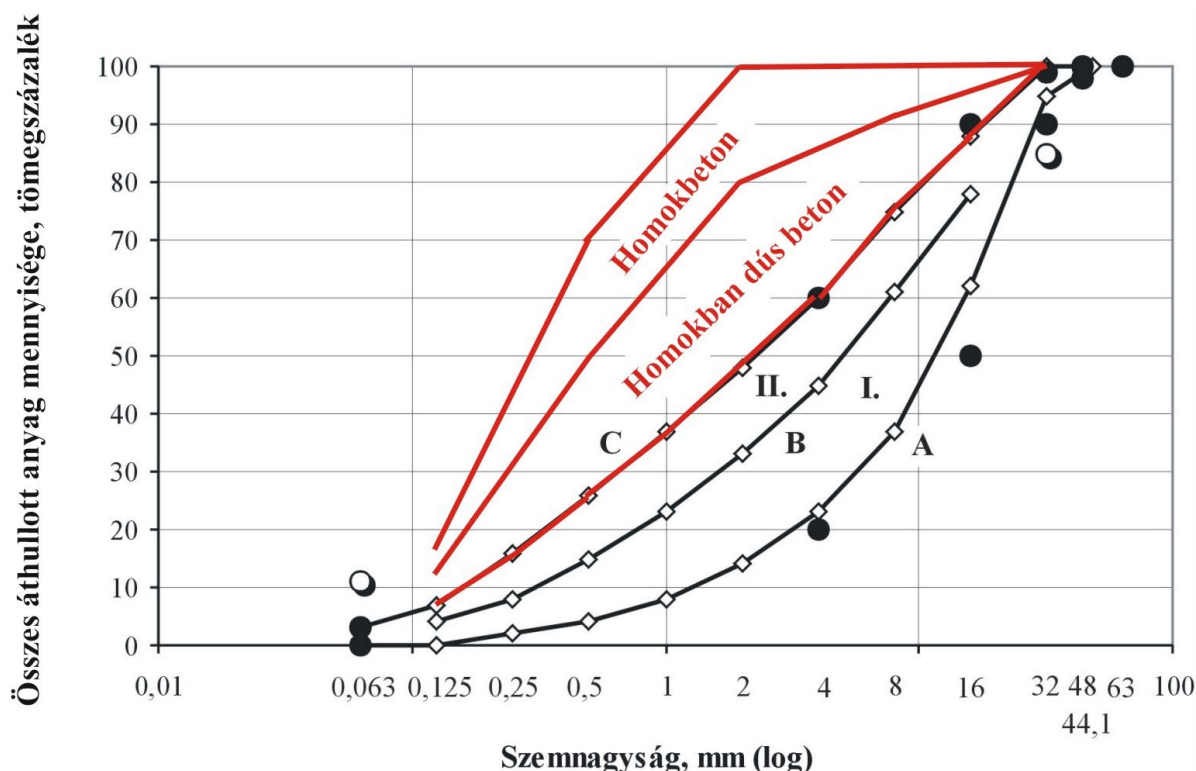


1.5.H7. ábra: Példa a hisztogramra rajzolt szimmetrikus normális-eloszlású gyakoriságfüggvényre és a súlyozott legkisebb hibanégyzetösszegek módszere szerinti balra ferde gyakorisági görbére. Itt a súlyozás a hisztogram értékének (y_i) és a gyakoriságfüggvény Y értékének a különbsége ($y_i - Y$), mint távolság (hiba) szerinti súlyozásra vonatkozik.

Lásd még: Ferde eloszlás, Logaritmikusan normális-eloszlás, normális-eloszlás

Homokbeton, homokban dús beton

A homokbeton és a homokban dús beton adalékanyagának szemmegoszlási görbéje 8 mm és 32 mm közötti legnagyobb szemnagyság mellett az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti C határgörbe felett fut. E beton-fajtát akkor nevezzük homokban dús betonnak, ha a bedolgozhatóság érdekében az adalékanyagnak több, mint 20 tömeg%-a 2 mm-nél nagyobb szemnagyságú durva homok és kavics (1.5.H8. ábra).



1.5.H8. ábra: A homokbeton és homokban dús beton adalékanyagának szemmegoszlási határgörbéje 32 mm legnagyobb szemmagyság esetén (*Springenschmid, 2007. után*)

Homokbetont, illetve homokban dús betont különleges intézkedések mellett elsősorban a kavics-szegény földrajzi területeken – például Észak-Európa, Oroszország, Németország sík vidékein – szokás készíteni, általában legalább 400 kg/m^3 , de inkább legalább 500 kg/m^3 cementadagolással. Oroszországban már nagy autópálya-szakaszokat is építettek, $390\text{--}420 \text{ kg/m}^3$ cementtartalmú, 3-6 térfogat% légpórus-tartalmú, 30 N/mm^2 nyomószilárdságú homokbetonból.

A homokbeton, illetve homokban dús beton készítésének sarokpontja a nagy levegőtartalom elkerülése, amelyet hatékony szuperfolyósítószer alkalmazásával lehet elérni, és amely nélkül a homokbetonban, illetve homokban dús betonban akár 10 térfogat%-os durva légüregek is előfordulhatnak, és ennek folytán az ilyen homokbeton, illetve homokban dús beton nyomószilárdsága ritkán haladja meg a 20 N/mm^2 értéket. (*Springenschmid, 2007*)

Lásd még: Finombetonmátrix, Futóhomokbeton

Hooke-törvény

A Hooke¹⁰³-törvény szerint a szilárd anyagok alakváltozása és a vele kapcsolatos feszültség összefüggése az arányossági határig lineáris. Az arányossági tényező a kezdeti rugalmassági modulus (E_0). A feszültség megszűnésekor az alakváltozás is megszűnik, a test tökéletesen visszanyeri eredeti alakját, tehát a rugalmas tartományban nincs maradék alakváltozás.

¹⁰³ A Hooke-törvényt Robert Hooke (1635, Freshwater, Wight-sziget – 1703, London) angol fizikus, matematikus, természet tudós, csillagász, építész, egyetemi tanár, a Royal Society tagja – a későbbi rugalmasságtan megalapozója – az anyagok rugalmas tulajdonságait tárgyaló, híres, Londonban, 1678-ban megjelent „De potentia restitutiva” című művében vetette papírra: „ut tensio, sic vis”, „amilyen a nyúlás, olyan az erő”. (*Herzog 2010, Bojtár é.n.*)

Hosszú élettartamú beton

Hosszú élettartamú a legalább 100 év használati élettartamot elért beton, ha tartósságát annak köszönheti, hogy

- az összetételét – különös tekintettel a kötőanyag fajtájára –, a bedolgozási eljárását és az utókezelési módszerét a megfelelő kor-tényező, kémiai tulajdonság és porozimetriai sajátosság feltételrendszerében és valamennyi érintett környezeti osztály szempontjának, valamint az EN 206-100 DRAFT 14:2023 szabványtervezetnek a figyelembevételével tervezték meg (tervezési élettartam), illetve írták elő,
- és a betont e fenti feltételrendszer szerinti követelmények maradéktalan betartásával készítették el.

A hosszú élettartamú betonok készítéséhez szükséges kötőanyagok kiválasztásának feltételrendszeréről *Spránitz Ferenc* és szerzőtársai tanulmányában (*Spránitz et al., 2024*) lehet olvasni.

Lásd még: Használati élettartam, Kor-tényező, Tartósság, Tartószerkezetek élettartama, Tervezési élettartam

Hőáram

Lásd: Hőmennyiség és hőáram

Hőérlelés

A beton hőérlelésének célja a szilárdulás meggyorsítása. A beton légköri nyomáson végzett hőérlelését – eltekintve a melegbeton készítéstől és az elektromos fűtőszálas betonmelegítéstől stb. – gőzölésnek, a túlnyomáson végzett hőérlelését autoklávólásnak nevezzük.

Lásd még: Autoklávólás, Gőzölés, Melegbeton

Hőfűvásos felületképzés

A hőfűvásos felületképzés az építmények külső és belső falainak és pilléreinek esztétikus megjelenését szolgáló eljárás, amely elsősorban a vulkáni tufa, illetve a tufabeton anyagú felületek esetén alkalmazható, és amelyet az 1960-as években főképp az előregyártott elemek, nagyelemek, panelek felülete, többnyire homlokzatok kialakításának egyik módjaként az ÉTI Építéstudományi Intézetben (témafelelős: *Ujcz Pál*, tud. osztályvezető: *Seidl Ambrus*, igazgató: *dr. Tóbiás Lóránd*) fejlesztettek ki, majd 1962 márciusában szabadalmaztattak (feltalálók: *Jekkel János, Kálnay János, Serény János, Ujcz Pál, Varga Ákos, Vereczkei István*), mint ahogy az Építőanyag című folyóirat 1963. évi 10. számának 382. oldalán olvasható.

Az eljárással a kezeletlen vagy vegyszerekkel kezelt, viszonylag nem túl nagy olvadáspontú felületet nagy hőmérsékleten megolvasztják. A felület lehűlése után a megolvadt réteg zománcszerűvé, üvegessé válik, színe a felületi réteg anyagától és a felületkezelő vegyszerektől függ (1.5.H9. ábra).

A módszer járőfelületek hőfűvásos kialakítására nem alkalmas.



1.5.H9. ábra: Bodrogkeresztúri riolittufa Kőfaragó és Épületszobrászati Vállalat által hőfúvással kialakított felülete. A fénykép a 43. sz. Állami Építőipari Vállalat 1. sz. Házgyárának (Budapest, III. Szentendrei út 101.) udvarán, a „Panel homlokzatok és mozaiklap burkolatok esztétikus kialakítása” címmel rendezett, 1969. június 25. és 1969. július 2. közötti kiállításon készült. A kiállítás rendezői az ÉVM Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium Műszaki Fejlesztési Főosztálya, a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Betonosztálya és a 43. sz. Állami Építőipari Vállalat 1. sz. Házgyára voltak.

A hőfúvós felületképzési kísérletekről számot adó ÉTI kutatási jelentés tervezetben (témaszám: 26.04.05.01) egyebek mellett írták (*Ujcz* témafelelős, 1964), hogy

- a vulkáni adalékanyagú betonok megfolytatásához legkedvezőbbnek az oxigénnel és dissous-gázzal (disszugáz¹⁰⁴) üzemeltetett szitaégős melegítőfej bizonyult;
- fúvókás melegítőfej alkalmazása esetén az oxigén üzemi nyomása 3,0-3,5 atm, a dissous-gáz üzemi nyomása 0,18-0,20 atm, szitaégős melegítőfej alkalmazása esetén az oxigén üzemi nyomása 3,5-4,0 atm, a dissous-gáz üzemi nyomása 0,20-0,22 atm volt;
- szitaégős melegítőfej alkalmazása esetén 1,0 m² nagyságú felület megfolytatásához 4,0 kg dissous-gázra és 2,5 m³ oxigénre volt szükség;
- a melegítőláng magja a megfolytatandó felülettől 1-3 mm távolságra legyen, mert így biztosítható a legjobb hatásfok;

¹⁰⁴ A „disszugáz” francia eredetű szó; jelentése: autogénhegesztéshez nyomásálló acélpalackban forgalomba hozott acetonban oldott acetilén. (*Bakos szerk.*, 1973)

- a hőfűvással megfolytatandó tufabeton-felület alá 10, 20, 30 és 40 mm mélyre vaskonstantánból¹⁰⁵ készült hőelemet (termoelemet) építettek be, és a 3000-3500 °C lángmag-hőmérsékletű égőfejjel felmelegített felület alatt rendre legfeljebb 200-220, 100-145, 50-75 és 50-65 °C hőmérséklet mértek. Ez a hőmérséklet nem káros sem a betonra, sem a vasbetonra;
- a hőfűvással megfolytatott felületen képződött üveges réteget üveges fázisban lévő anyag kötötte a kristályos anyaghoz. A különböző rétegek szervesen kapcsolódtak egymáshoz;
- a hőfűvással megfolytatott felület a légáteresztő-képességét megtartotta;
- hőfűvásos felületű kísérleti elemek a szabadban, több évre kitéve az időjárás hatásának, nem károsodtak;
- a helyszínen végzett hőfűvásos felületképzés költsége az üzemi hőfűvásos felületképzés költségének mintegy kétszerese;
- a hőfűvásos felületképzés igen energia-igényes;
- mintegy 35-40 év élettartamot számításba véve a telepített üzemben gyártott hőfűvásos felületű kohóhabsalak nagyblokk és a telepített üzemben gyártott homlokzatközellettel ellátott kohóhabsalak nagyblokk közül az előbbi a gazdaságosabb;
- az üzemi felületégetéshez nagyobb beruházás nem szükséges.

Lásd még: Látszóbeton

Hőátadási tényező és hőátadási ellenállás

Angolul: Heat transmission factor and heat transmission resistance

Németül: Wärmeübertragungsfaktor und Wärmeübertragungswiderstand

A *hőátadási tényező* az egységnyi felületen, egységnyi idő alatt, egységnyi hőmérsékletkülönbség mellett átvitt hőáram.

Az MI 15908:1957 műszaki irányelv szerint a *hőátadás* a hőközlésnek az az összetett módja, amikor különböző hőmérsékletű áramlásban lévő cseppfolyós vagy légnemű közeg és az azt határoló szilárd réteg között történik a hőkiegyenlítődési folyamat.

A *hőátadási tényező* az a hőmennyiség, amely az áramlásban lévő cseppfolyós vagy légnemű közeg és az azt határoló szilárd réteg között 1,0 m² érintkező felületen, 1,0 óra alatt, 1,0 °C hőmérséklet-különbség esetén és hőegyensúlyi állapotban átvitt. A hőátadási tényező a konvekció (hőáramlás) és sugárzás révén átvitt hő együttes értéke. Az $\alpha_{\text{belépő}}$ hőátadási tényezőt a szilárd testbe való belépési tényezőnek, az $\alpha_{\text{kilépő}}$ hőátadási tényezőt a szilárd testből való kilépési tényezőnek nevezzük. A hőátadási tényező értéke a szerkezet helyzete és a hőátadás iránya szerint változik. (MI 15908:1957)

A *hőátadási tényező* a visszavont MSZ 4900-4:1971 szabvány szerint a hőáram-sűrűség [W/m²] osztva a hőmérséklet-különbséggel [K], mértékegysége: W/(m²K).

Ha a szilárd test felületével gáz (például levegő) érintkezik, akkor az egységnyi felületre eső q hőáram:

$$q = \alpha \times (t_{\text{levegő}} - t_{\text{szilárd test}}) \quad [\text{W/m}^2]$$

ahol α a *hőátadási tényező*, amelynek mértékegysége W/m²K.

Külső, homlokzati falazat esetén,

- a falazat belső oldalán, a levegőből a falba belépő hőáram hőátadási tényezője: $\alpha_{\text{belépő}} = 8,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

¹⁰⁵ A „konstantán” latin eredetű kohászati kifejezés; jelentése: kis mennyiségű vasat és magnéziumot is tartalmazó réz-nikkel ötvözet ellenállások készítésére. (Bakos szerk., 1973)

- a falazat külső oldalán, a falból a levegőre kilépő hőáram hőátadási tényezője: $\alpha_{\text{kilépő}} = 23,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Ebből a külső, homlokzati falazat *hőátadási ellenállásainak* R_α összege:

$$R_\alpha = R_{\text{belépő}} + R_{\text{kilépő}} = \frac{1}{\alpha_{\text{belépő}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{kilépő}}} = \frac{1}{8,1} + \frac{1}{23,3} =$$

$$= 0,12346 + 0,04292 = 0,16638 \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

A *hőátadási ellenállás* a hőátadási tényező reciprok értéke. Az $1/\alpha_{\text{belépő}}$ hőátadási ellenállást a szilárd testbe való belépési hőátadási ellenállási tényezőnek, az $1/\alpha_{\text{kilépő}}$ hőátadási ellenállást pedig a szilárd testből való kilépési hőátadási ellenállási tényezőnek nevezzük. (MI 15908:1957)

Lásd még: Hőátbocsátási tényező, Hőegyensúlyi állapot, Hőfokvezetési tényező, Hőmennyiség és hőáram, Hővezetési tényező

Hőátbocsátási tényező és hőátbocsátási ellenállás

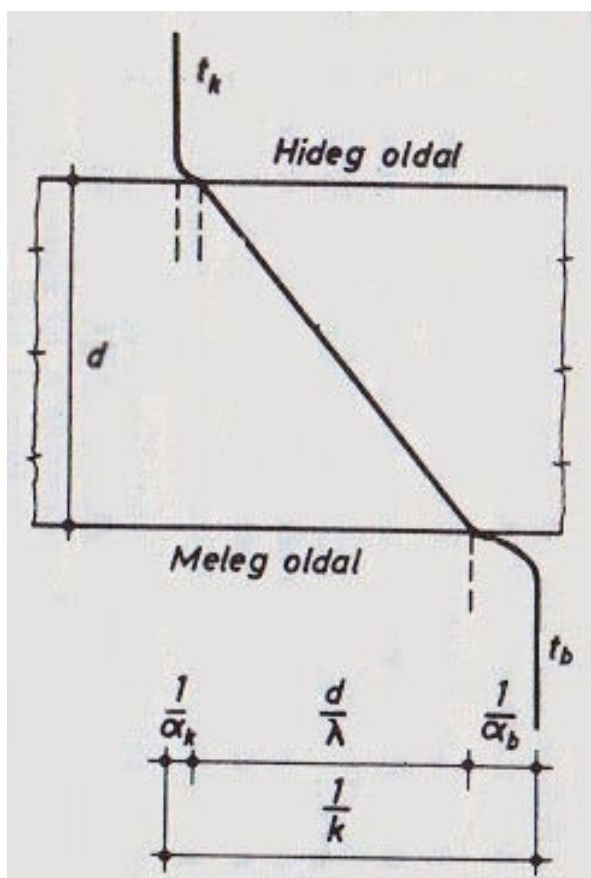
Angolul: Heat transfer factor and heat transfer resistance

Németül: Wärmedurchgangsfaktor und Wärmedurchgangswiderstand

A hőátbocsátási tényezőt, illetve a hőátbocsátási ellenállást *hőátviteli tényezőnek*, illetve *hőátviteli ellenállásnak* is nevezik (visszavont MSZ 4900-4:1971).

Az MI 15908:1957 műszaki irányelv szerint a *hőátbocsátás* a hőközlésnek az az összetett módja, amelynél a szilárd szerkezeti rétegen keresztül hő áramlik át a melegebb, nem szilárd közegből a hidegebb, nem szilárd közegbe. E folyamatban a hővezetés és a hőáramlás együttesen szerepel.

A *hőátbocsátási tényező* az a hőmennyiség, amely két cseppfolyós vagy légnemű közeget (például valamely helyiség légterét és a külső levegőt) elválasztó falnak – a hő áramlására merőleges – $1,0 \text{ m}^2$ felületén $1,0$ óra alatt, hőegyensúlyi állapotban átáramlik, ha a két közeg hőmérséklet-különbsége $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$. (MI 15908:1957)



A hőátbocsátási tényező szerkezet-jellemző, hiszen a rétegvastagságoknak (d) is függvénye (1.5.H10. ábra).

A hőátbocsátási tényező mértékegysége a visszavont MSZ 4900-4:1971 szabvány szerint megegyezik a hőátadási tényező mértékegységével: $W/(m^2K)$.

1.5.H10. ábra: Egyrétegű határszerkezet hőátbocsátása (MI 15908:1957)

Az U hőátbocsátási tényező (korábbi jele k betű volt) összefüggése többrétegű szerkezet esetén:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{belépő}}} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{kilépő}}}} = \frac{1}{R_\alpha + \sum R_i} \quad [W/(m^2K)]$$

ahol a $(R_\alpha + \sum R_i)$ a hőátadási és a hővezetési ellenállások összege, azaz a *hőátbocsátási ellenállás*.

Lásd még: Hőátadási tényező, Hőegyensúlyi állapot, Hőfokvezetési tényező, Hőmennyiség és hőáram, Hővezetési tényező

Hőegyensúlyi állapot

Angolul: State of thermal equilibrium

Németül: Zustand des thermischen Gleichgewichts

Hőegyensúlyi állapot áll fenn a hőközlés folyamán, ha az anyagokban már sem felmelegedés, sem lehűlés nem következik be, így a hőközlésben résztvevő anyagokban a hőmérsékletek térbeli eloszlásukban is állandóak maradnak. Hőegyensúlyi állapotban a hőt átadó közeg ugyanannyi hőt ad át a térelhatároló szerkezetnek, mint amennyit a hőt felvevő közeg a térelhatároló szerkezettől átvesz. (MI 15908:1957)

Lásd még: Hőátadási tényező, Hőátbocsátási tényező, Hővezetési tényező

Hőfokvezetési tényező

Angolul: Thermal diffusivity factor, Thermal conductivity factor

Németül: Wärmegradleithigkeitsfaktor

A hőfokvezetési tényezőt *hőmérsékletvezetési tényezőnek*, illetve *hőmérsékleteloszlási tényezőnek* is nevezik. (visszavont MSZ 4900-4:1971)

A hőfokvezetési tényező az anyag hővezető és hőtároló képességének arányát fejezi ki; meghatározását távolság- és időmérésre vezetjük vissza. Mértékegysége a visszavont MSZ 4900-4:1971 szabvány szerint: m^2/s .

A hőfokvezetési tényező a visszavont MSZ-04-140-1:1978 hőtechnikai szabvány szerint az anyagok hőmérséklet-kiegyenlítődési, azaz felmelegedési és lehűlési sebességére jellemző érték (*Gereben*, 1982), (MSZ EN ISO 7345:2018):

$$a = \frac{\lambda}{c \times \rho} \quad \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

ahol:

- λ = az anyag hővezetési tényezője, $\text{W}/(\text{mK})$;
- c = az anyag fajhője, $\text{m}^2/(\text{s}^2\text{K})$;
- ρ = az anyag testsűrűsége, kg/m^3

Lásd még: Hőátadási tényező, Hőátbocsátási tényező, Hőmennyiség és hőáram, Hővezetési tényező

Hőmennyiség és hőáram

Angolul: Heat quantity and heat flow

Németül: Wärmemenge und Wärme fluß (Wärmestrom)

A *hőmennyiség* hőmérséklet különbség hatására kialakuló energiaátadás. Nem energia, csak ahhoz hasonló, munkajellegű mennyiség. Mértékegysége a visszavont MSZ 4900-4:1971 szabvány szerint: J (joule).

A *Q* *hőáram* az anyagon (az anyag felületén) egységnyi idő alatt áthaladó hőmennyiség. Teljesítmény jellegű mennyiség. Mértékegysége a visszavont MSZ 4900-4:1971 szabvány szerint: W (watt), ahol $W = J/s$.

$$Q = \frac{\text{Hőmennyiség}}{\text{Idő}} \quad \left[W = \frac{J}{s} \right]$$

A *Q* hőáram arányos a λ hővezetési tényezővel, a hőáramlás irányára merőleges *A* felülettel, a $(t_1 - t_2)$ hőmérsékleteséssel, és fordítva arányos az anyag *d* vastagságával.

$$Q = A \times \frac{\lambda}{d} \times (t_1 - t_2) \quad [W]$$

Az egységnyi felületre ($A = 1$) eső *q* hőáram (fajlagos hőáram):

$$q = \frac{\lambda}{d} \times (t_1 - t_2) \quad [W/m^2]$$

Ebből egyenlet rendezéssel a $(t_1 - t_2)$ hőmérsékletesés (hőmérséklet-különbség):

$$q \times \frac{d}{\lambda} = (t_1 - t_2) \quad [K \text{ (kelvin)}]$$

Réteges szerkezet esetén az egyes rétegek hőmérséklet-különbségeit össze kell adni, például három réteg esetén:

$$q \times \left(\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \right) = (t_1 - t_4) \quad [K \text{ (kelvin)}]$$

Átrendezve:

$$q = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}} \times (t_1 - t_4) \quad [W/m^2]$$

Épület külső fala esetén a fajlagos (egységnyi felületre eső) *q* hőáram:

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{belépő}} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{kilépő}}} \times (t_{belépő} - t_{kilépő}) = k \times (t_{belépő} - t_{kilépő}) \quad [\text{W/m}^2]$$

Lásd még: Hőátadási tényező, Hőátbocsátási tényező, Hőfokvezetési tényező, Hővezetési tényező

Hővezetési tényező és hővezetési ellenállás

Angolul: Thermal conductivity factor and thermal conductivity resistance

Németül: Wärmeleitfähigkeitsfaktor und Wärmeleitfähigkeitswiderstand

A *hővezetési tényező* állandósult egyirányú hővezetés esetén a hővezetés irányában egységnyi anyag-vastagságra jutó, egységnyi hőmérsékletesítés hatására, egységnyi idő alatt, egységnyi felületen áthaladó hőmennyiség, tehát anyag-jellemző. Jele: λ

A *hővezetési tényező* a visszavont MSZ 4900-4:1971 szabvány szerint a hőáram-sűrűség $[\text{W/m}^2]$ osztva a hőmérséklet gradiensevel $[\text{K/m}]$, mértékegysége: $\text{W}/(\text{mK})$.

Az MI 15908:1957 műszaki irányelv szerint a *hővezetési tényező* az a hőmennyiség, amely valamilyen anyagból készült 1,0 m élhosszúságú kockán, annak két – egymással szembenálló – felülete között az anyagrétegen egy óra alatt hőegyensúlyi állapotban áramlik, ha a két felület hőmérséklet-különbsége $1,0\text{ }^\circ\text{C}$, és a kocka többi felületén nincs hőleadás.

Az $R = d/\lambda$ hányadost *hővezetési ellenállásnak* nevezzük. Mértékegysége: $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$.

Egyenértékű hővezetési tényezőn valamely légréteg vagy többrétegű falszerkezet vastagságának és hőátbocsátó képességének megfelelő homogén, szilárd anyag hővezetési tényezőjét értjük, amely azonos körülmények között és hőegyensúlyi állapotban hővezetés útján ugyanazon hőmennyiséget bocsátja át, mint a légréteg, illetve a többrétegű falszerkezet. Az egyenértékű hővezetési tényező az a $^\circ\text{C}$ -ban kifejezett hőmennyiség, amely vezetés, áramlás és sugárzás révén valamely légréteg vagy többrétegű falszerkezet $1,0\text{ m}^2$ felületén 1,0 óra alatt hőegyensúlyi állapotban átáramlik, ha a légréteg vagy többrétegű falszerkezet egymással szemközti felületeinek hőmérséklet-különbsége $1,0\text{ }^\circ\text{C}$, és a légréteg vagy falszerkezet pereme mentén nincs hőleadás. Jele: λ' . Eszerint az egyenértékű hővezetési tényező olyan – a légréteggel egyenlő vastagságú – szilárd, homogén anyagréteg hővezetési tényezőjével azonos, amelynek λ' hővezetési tényezője a légréteg $1,0\text{ m}^2$ felületén a határfelületek között $1,0\text{ }^\circ\text{C}$ hőfok-különbség mellett átáramló hőmennyiséget adja. (MI 15908:1957)

A λ' egyenértékű hővezetési tényezőt a következő képlettel számíthatjuk ki (MI 15908:1957):

$$\lambda' = \frac{d_{\text{egyenértékű}}}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}} \quad [\text{W}/(\text{mK})]$$

ahol:

$d_{\text{egyenértékű}}$ = a többrétegű szerkezet egyenértékű vastagsága;

$d_1, d_2, \dots, d_n$ = a falszerkezetben a hővándorlás irányába eső egyes rétegek vastagsága;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ = az egyes rétegek hővezetési tényezője

Lásd még: Hőátadási tényező, Hőátbocsátási tényező, Hőegyensúlyi állapot, Hőfokvezetési tényező, Hőmennyiség és hőáram

„Huckepack-transport”

A „huckepack-transport” az áruszállítási ágazattól kölcsönzött kifejezés, ahol kombinált szállítási rendszert jelent (például az egyik közlekedési alágazat szállítójárművein továbbítják a másik közlekedési alágazat szállítójárműveit, tehát például vonaton a gépkocsikat.

Az *anyagtanban* a vízben oldott ionok, például az acélbetét korrózióját okozó kloridionok kapilláris vízfelszívással betonba jutásának folyamatát szokták „huckepack-transport”-nak

nevezni. Gyakori nedvesedés-kiszáradási ciklus esetén a beszívott víz elpárolog, és az oldott részeket a betonban hagyja. A *kloridion-behatolás „huckepack-transport”*-tal nagyságrenddel nagyobb és gyorsabb, mint a diffúzióval történő kloridion-behatolás (Grübl – Weigler – Karl, 2001, *Springenschmid*, 2007).

Lásd még: Kapilláris vízfelszívás, Diffúzió, Acélbetét korrózió

Húrmodulus

A húrmodulus a σ - ε görbe valamely, a lineáris szakaszon kívül eső pontját és a koordináta-rendszer $\varepsilon = 0$ pontjában lévő origóját összekötő egyenes iránytangense. Alakváltozási modulusnak is nevezik ($E_{\text{alakváltozási}}$). A húrmodulus a rugalmassági modulusok egyik fajtája.

Jele: E_D , mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Lásd még: σ - ε görbe

Huzal

Angolul: Wire

Németül: gezogener Draht

A huzal kifejezést nagyon sokszor az acélhuzal megnevezés szinonimájaként használják, bár az MSZ EN 10079:2007 szabványban megkülönböztetik a huzal és a hengerhuzal fogalmát.

Lásd még: Acélhuzal, Acélgyártás

Húzóhatárfeszültség, húzási határfeszültség

A húzóhatárfeszültség vagy húzási határfeszültség az anyag valószínű várható húzószilárdságának (szakítószilárdságának) legkisebb értéke. (Palotás, 1979. 1. kötet)

A beton húzóhatárfeszültségét a nyomóhatárfeszültség függvényében például a visszavont MSZ 15022-1:1971 és MSZ 15022-3:1971 szabványban a következő képlettel írták elő:

$$\sigma_{hH} = 0,6 \times \sqrt[3]{\sigma_{bH}^2} - 3 \quad \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa, 1980 előtt kp/cm², jele: σ_{hH}

Lásd még: Határfeszültség, Határigénybevétel, Nyomóhatárfeszültség, Relatív szórás

Húzókeménység

Rejtő Sándor professzor (Rejtő, 1924) az anyagnak az erőhatásra megváltozott keresztmetszettel számított legnagyobb feszültségét *keménységnek*, következésképpen az acéloknak a húzás során megváltozott keresztmetszettel számított legnagyobb húzófeszültségét *húzókeménységnek* nevezte, azzal a megszorítással, hogy a próbapálca húzókeménységhez tartozó alakváltozásán az acél „egyenletes fajlagos nyúlás”-át értette; lásd *Rejtő* könyvének (1924) 140-142. pontját.

A húzókeménység fogalmára az acélanyagok vizsgálati jelölésével foglalkozó egykori MOSz 102:1933 szabvány szerzői így hívták fel a figyelmet: „ σ_e (kg/mm²) az egyenletes nyúlás határán fellépő húzófeszültség (Rejtő S. szerint húzókeménység), melyet nyerünk, ha a legnagyobb terhelést elosztjuk az egyenletesen megnyúlt rúdrész keresztmetszetével”. Megjegyzés: 1 kg/mm² → 1 kp/mm² = 9,81 N/mm² = 9,81 MPa.

A XX. század első felében, így a MOSz 102:1933 szabványban is

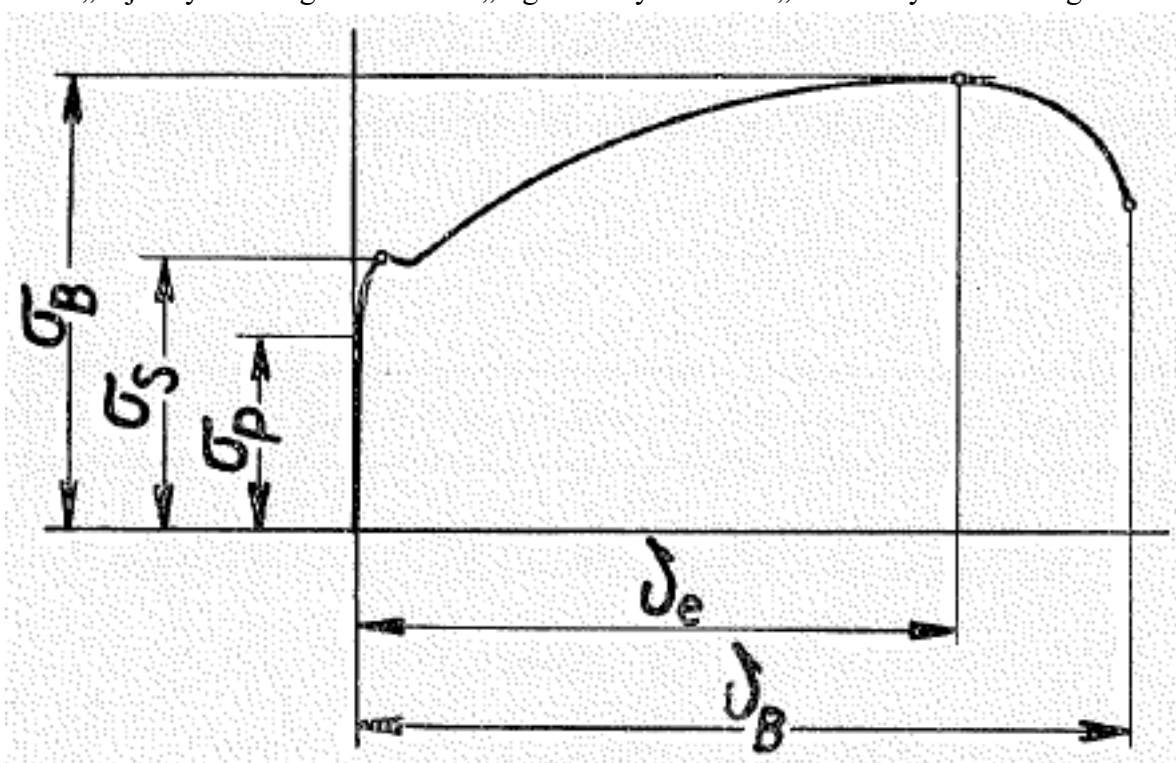
- az egyenletes nyúlást (δ_e) a legnagyobb terhelés (P_B), illetve a szakítószilárdság ($\sigma_B = P_B/F_0$) következményének tekintették. Az utóbbi zárójeles kifejezésben F_0 a próbapálca keresztmetszeti területe a kísérlet előtt;

- az egyenletes nyúlás határán fellépő húzófeszültséget, az úgy nevezett húzókeménységet (σ_e) a legnagyobb terhelés (P_B) és a próbapálca egyenletesen megnyúlt szakaszán mért keresztmetszeti terület (F_e) hányadosaként fejezték ki ($\sigma_e = P_B / F_e$);
- fentiekből kifolyólag a *Rejtő*-féle húzókeménység (σ_e) és a szakítószilárdság (σ_B) viszonya fordított arányban áll a próbapálca egyenletesen megnyúlt szakaszán mért keresztmetszeti területének (F_e) és a próbapálca kísérlet előtti keresztmetszeti területének (F_0) viszonyával:

$$\frac{\sigma_e}{\sigma_B} = \frac{F_0}{F_e}, \text{ azaz } \sigma_e = \frac{F_0}{F_e} \times \sigma_B ;$$

és minthogy $F_e \leq F_0$, következik, hogy $\sigma_e \geq \sigma_B$

- mind az egyenletes nyúlást (δ_e), mind a szakadási nyúlást (δ_B) teljes nyúlásnak tekintették (1.5.H11. ábra), – de teljes nyúlásnak csak a szakadási nyúlást nevezték – holott azokat szakított próbapálcán mérve a maradó nyúlást határozzuk meg. Ebben az értelemben a „teljes nyúlás” fogalmán nem a „rugalmas nyúlás” és a „maradó nyúlás” összegét értették.



1.5.H11. ábra: A MOSz 102:1933 szabvány 2. ábrája

A *Rejtő*-féle – a fém próbapálca húzásából eredő keresztmetszet-változás (csökkenés) figyelembevétele folytán a nyúlóképességre érzékeny – számításmód nagyobb feszültségeket és szilárdságokat, azaz húzókeménységeket eredményez, mint amelyek az erő és az eredeti keresztmetszet hányadosaként számítva adódnak, ahogy azokat *Deshayes*¹⁰⁶ korábban szokás volt kiszámítani.

¹⁰⁶ *Victor Deshayes* francia mérnök, aki a Terre-Noire (Loire) acélgyárban az acélok kémiai összetétele és mechanikai tulajdonságai közötti kapcsolatot kutatta.

Eredményeit „Note sur les rapports existant entre la composition chimique et les propriétés mécaniques des aciers” címmel, azonos tartalommal, két kiadványban, az „Annales des Mines” értesítő XV. kötetében (1879.) és a „Bulletin de la Société Chimique de Paris” értesítő XXXI. kötetében (1879) tette közzé. Mindkettő az MDZ Münchener Digitalisierungs Zentrum Digitale Bibliothek webkönyvtárában (<https://www.digitale-sammlungen.de/en/>) olvasható.

Rejtő (1924) kutatása során az acélok húzókeménységhez tartozó „egyenletes fajlagos nyúlás”-át (δ_e) *Deshayes* (1879) 200 mm és 100 mm hosszú szakított próbapálcákon – minden tekintetben azonos feltételek (körülmények) mellett – mért adataiból számította ki a következő összefüggéssel:

$$\delta_e = 2 \times \delta_{200} - \delta_{100}$$

amely az $\ell_{10} = 10 \times d$ és $\ell_5 = 5 \times d$ mérőhosszra (jeltávolságra) utaló jelöléssel az egykori MOSz 102:1933 szabványban is megtalálható:

$$\delta_e = 2 \times \delta_{10} - \delta_5,$$

illetve mai – az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerinti – jelölésekkel:

$$A_{wn} = 2 \times A_{10} - A_5$$

ahol:

d = az acél próbapálca névleges átmérője, mm;

L_{5d} = a kezdeti (eredeti) $L_{0;5d} = 5 \times d$ jeltávolság hossza szakadás után, mm;

L_{10d} = a kezdeti (eredeti) $L_{0;10d} = 10 \times d$ jeltávolság hossza szakadás után, mm;

A_5 = szakadási maradó nyúlás az $L_{0;5d}$ jeltávolságon:

$$A_5 = \frac{L_{5d} - L_{0;5d}}{L_{0;5d}}$$

A_{10} = szakadási maradó nyúlás az $L_{0;10d}$ jeltávolságon:

$$A_{10} = \frac{L_{10d} - L_{0;10d}}{L_{0;10d}}$$

A_{wn} = szakadási egyenletes maradó nyúlás (fajlagos megnyúlás), (w $\rightarrow$ without nélkül, n $\rightarrow$ necking = befűződés):

$$A_{wn} = \frac{L_{e;5d} - L_{0;5d}}{L_{0;5d}}$$

A mai szabványos jelölések alkalmazásának az az értelme, hogy a *Rejtő*-féle összefüggés ma is alkalmazható a fémek, illetve acélok szakadási egyenletes maradó nyúlásának a meghatározására, különösképpen, ha a például A_5 és A_{10} szakadási maradó nyúlás megmérésének azonos feltételeit azáltal teremtjük meg, hogy ezeket a szakadási maradó nyúlásokat egyazon, kellő hosszúságú próbapálcán mérjük meg.

Magyarázat (1.5.H12. ábra):

Ha az acél, illetve fém próbapálca szakadás utáni két darabját gondosan összeillesztjük, és megmérjük a kezdeti $L_{0;5d}$ és $L_{0;10d}$ jeltávolság szakadás utáni L_{5d} és L_{10d} hosszát, majd utóbbiból az előbbi kivonjuk, akkor a próbapálca – eredetileg összességében $L_{0;5}$ hosszú – befűződésmentes, egyenletes nyúlt részének a hosszát ($L_{e;5d}$) kapjuk meg:

$$L'_{e;5d} + L''_{e;5d} = L_{e;5d} = L_{e;5d} = L_{10d} - L_{5d}$$

Minthogy

- egyrészt a próbapálca megnyúlása a kontrakció környezetében nagyobb, mint a nem kontrahált részen,
- másrészt a próbapálcának mind a befűződött (kontrahált) keresztmetszet környezetét magába foglaló, számításba vett része (L_{5d}), mind a számításba vett egyenletesen nyúlt része ($L_{e;5d}$), eredetileg 5d hosszúságú volt,

Victor Deshayes neve a „Société Minéralogique de France” francia ásványtani társaságnak a „Bulletin de Mineralogie” című ásványtani értesítő 1881. évi 4. kötetében megjelent tagnévsorában szerepel.

következik, hogy az előbbi (L_{5d}) hosszabb, az utóbbi ($L_{e,5d}$) rövidebb, mint az eredeti $L_{0;10d}$ jeltávolság szakadás utáni hosszának a fele ($L_{10d}/2$):

$$L_{e,5d} < L_{10d}/2 < L_{5d}$$

Fejezzük ki a szakadás utáni jeltávolság-hosszakat a szakadási maradó nyúlással:

$$L_{5d} = A_5 \times L_{0;5d} + L_{0;5d}$$

$$L_{10d} = A_{10} \times L_{0;10d} + L_{0;10d}$$

$$L_{e,5d} = A_{wn} \times L_{0;5d} + L_{0;5d} ,$$

és helyettesítsük ezeket be a próbapálca befűződés-mentes, egyenletes nyúlt részének a hosszát kifejező, fenti összefüggésbe ($L_{e,5d} = L_{10d} - L_{5d}$):

$$A_{wn} \times L_{0;5d} + L_{0;5d} = (A_{10} \times L_{0;10d} + L_{0;10d}) - (A_5 \times L_{0;5d} + L_{0;5d}) ,$$

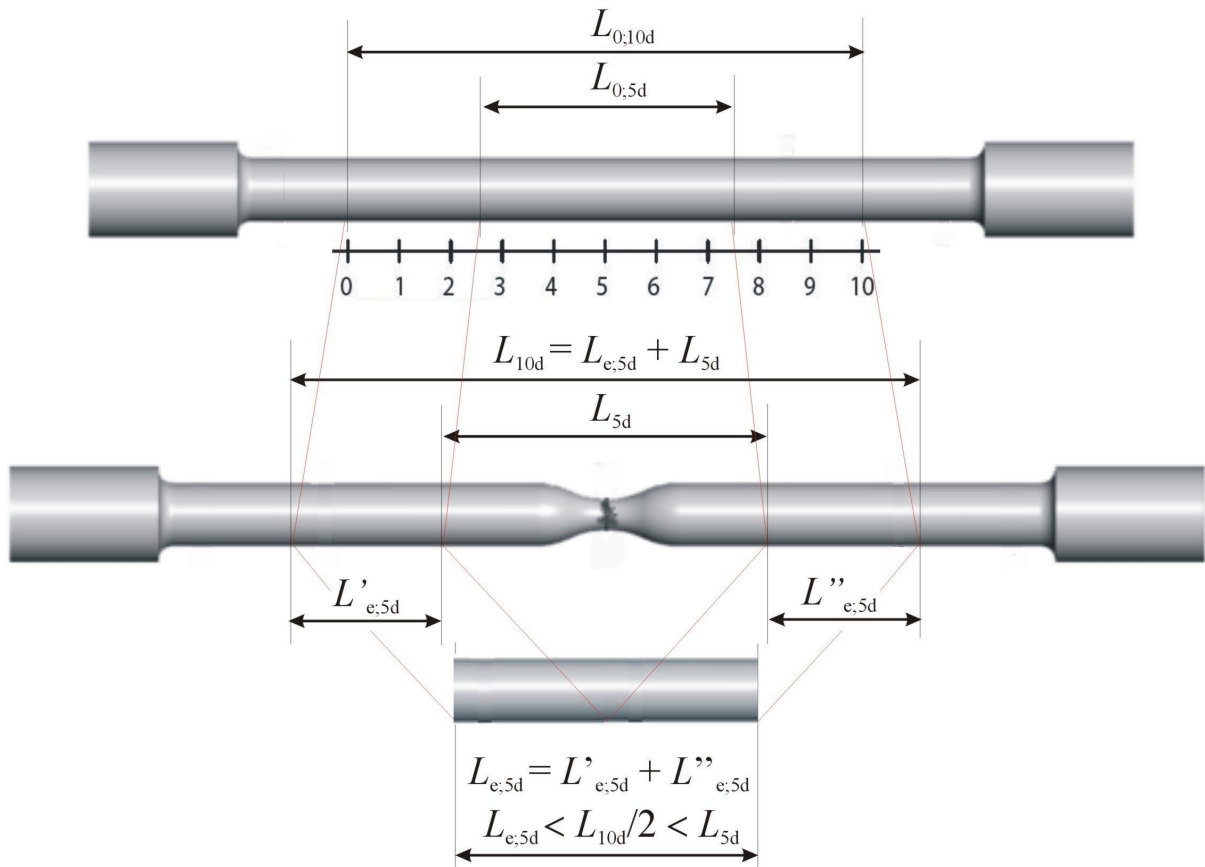
majd rendezzük ezt az összefüggést a szakadási egyenletes maradó nyúlás értékét megadó A_{wn} -re, annak figyelembevételével, hogy a kezdeti $L_{0;10d}$ jeltávolság a kezdeti $L_{0;5d}$ jeltávolság kétszerese ($L_{0;10d} = 2 \times L_{0;5d}$):

$$A_{wn} \times L_{0;5d} + L_{0;5d} = A_{10} \times 2 \times L_{0;5d} + 2 \times L_{0;5d} - A_5 \times L_{0;5d} - L_{0;5d}$$

$$A_{wn} + 1 = 2 \times A_{10} + 2 - A_5 - 1 ,$$

és végül a szakadási egyenletes maradó nyúlás keresett, fenn már bemutatott, *Rejtő*-féle összefüggése:

$$A_{wn} = 2 \times A_{10} - A_5$$



1.5.H12. ábra: Az acélok (fémek) szakadási egyenletes maradó nyúlása – *Rejtő* (1924) és az egykori MOSz 102:1933 szabvány szerinti – meghatározásának szemléltetése

Megjegyzések:

- A fémek szabványos folyáshatárát és szakítószilárdságát napjainkban is lényegében a *Deshayes*-féle módozathoz hasonlóan – még csak nem is az eredeti helyettesítő, hanem a névleges keresztmetszettel – kell kiszámítani (például: MSZ 465:1987, MSZ EN 10080:2005, DIN 488-1:2009).
- A MOSz 102:1933 szabványban a szakadási nyúláshoz tartozó feszültséget (σ_c), azaz a szakadás pillanatában működő erő és a szakadási keresztmetszet hányadosát – bizonyára *Rejtő* (1924) után – *kohézió*nak nevezték.

A szakadás utáni egyenletes maradó nyúlás *Rejtő*-féle számítási összefüggése *Rußwurm* (1989) tanulmányában is megtalálható ($A_G = 2 \times A_{10} - A_5$) „*F. Übel*: Archiv Eisenhüttenwerke. 9. 1935/36. S. 515.” munkájára hivatkozással. (*F. Übel* közleményét nem ismerjük; nem tudjuk, hogy hivatkozik-e *Rejtő Sándor* 1924-ben kiadott könyvére).

Lásd még: Egyenletes maradó nyúlás szakadás után, Egyenletes nyúlás

„Ideális” rugalmassági modulus

Az E_i „ideális” (helyesen: idealizált) rugalmassági modulus tartós terhelés esetén az E_0 kezdeti rugalmassági modulus és az $(1 + \varphi_t)$ kifejezés hányadosa: $E_i = E_0 / (1 + \varphi_t)$, ahol φ_t a kúszási tényező.

Az „ideális” rugalmassági modulust *Palotás* professzor „képzelt” modulusnak nevezi (*Palotás* et. al., 1980).

Lásd még: Kúszás, Rugalmassági modulus

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Igénybevétel

Az igénybevétel erő vagy erőpár (nyomaték), a tartó keresztmetszetére ható húzó-, nyomó-, nyíróerők és nyomatékok összessége, illetve eredője. Az igénybevétel a hatás következménye (MSZ EN 1990:2011). Az igénybevétel tervezési értéke (E_d) nem haladhatja meg a teherbírás tervezési értékét (R_d): $E_d \leq R_d$. Mértékegysége: N, vagy N·m, N·mm

Imaginárius szám, képzetes szám

Imaginárius számnak vagy képzetes számnak az olyan számot nevezzük, amelynek önmagával való szorzata negatív előjelű. E számok egysége nem +1, hanem $i = \sqrt{-1}$. Az imaginárius szám fogalmához akkor jutunk, ha negatív számból páros gyököt vonunk.

Impregnálás

Az impregnálás pórusos anyagok (például fa, textil, beton stb.) folyadékkal (oldattal, emulzióval, olajszerű anyaggal) való átitatása tűz, víz, olaj, állati vagy növényi kártevők és hasonló elleni védelemre. Különösen hatékony az impregnálás vákuum, illetve megnövelt nyomás alkalmazásával. (*Neumüller* szerk., 2. kötet, 1982)

Az impregnálószer a szívóképtől és a felhordott mennyiségtől függően (impregnáló oldat/m²) több mm (esetleg cm) mélységben behatol az építőanyagba. A hígítóanyag elpárolgása után az építőanyag kapilláris- és pórusfalain víztaszító réteg keletkezik. A kapilláris- és pórusfal víztaszító bevonatának hatására az építőanyag nem tud többé folyékony vizet felszívni. Az impregnált épülethomlokzat csapó eső esetén is száraz marad. Az impregnálószer az építőanyag pórusait és hajszálcsoveit nem tömíti el, így az építőanyag megőrzi vízgőzáteresztő-képességét.

Követelmények az impregnálószerrel szemben:

- Védenie kell az építőanyagot (például betont, kőanyagot stb.) a csapadék és nedvesség felvételétől.

- Az impregnálószernek meg kell akadályoznia algák, moha és zuzmó megtapadását a kezelt felületen.
- A „falfirka veszélyben” lévő falak impregnálószerre ne csak hidrofób/víztaszító, hanem oleofób/olajtaszító is legyen. Az oleofób módon kezelt felületek taszítják a zsírokat, olajokat, higítóanyagokat, festékeket és lakkokat, így ezek a szennyező folyadékok nem tudnak az építőanyag pórusaiba és hajszálcsöveibe behatolni, mint ahogy hidrofobizáló impregnálás után a víz sem tud. Ezzel lehetővé tesszük a szennyeződés könnyebb és maradéktalan eltávolítását az építőanyag felületéről.
- Hatékonyság: Az impregnált anyag nedvszívó képességének legalább 70 %-kal csökkennie kell.
- Az impregnálószernek a lehető legmélyebben kell az építőanyagba behatolnia. Ez a követelmény három lényeges paramétertől: az impregnálandó anyag szívóképességétől, az impregnálószer behatolókéességétől, a választott alkalmazástechnikától függ.
- Az impregnált anyag vízgőzáteresztő képessége a lehető legmagasabb szinten kell maradjon (legalább 90 %-os).
- Az impregnálás sem a kezelés után sem pedig hosszú távon nem okozhat optikai elváltozást, mint például: erős sötét elszíneződés, fényes, csillogó felület, az időjárás hatására bekövetkező elsárgulás.
- Az impregnált felület nem szabad, hogy ragadós legyen.
- A beton vagy habarcs kezeléséhez használt impregnálószernek a beton, illetve a habarcs lúgos kémhatására tekintettel alkálikus anyagokkal szemben ellenállónak kell lennie.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/179-feluletvedelem.pdf>

Lásd még: Hidrofobizálás

Indikátoroldat

Lásd: Sav-bázis-indikátoroldat

Indikátorpapír

Lásd: Lakmuszpapír

Ingatlan

A polgári jog rendelkezései szerint ingatlannak minősül: a földterület - amely az ingatlan-nyilvántartás hatálya alá tartozik - és mindaz, ami a földdel tartósan egyesítve, azaz szilárd összeköttetésben van: például a ház, a fák, a lábon álló termés stb.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) IV. fejezetének 5:17. § (1), illetve (2) bekezdése szerint az ingatlanon fennálló tulajdonjog a föld feletti légi térre és a föld alatti földtestre az ingatlan hasznosítási lehetőségeinek határáig terjed, de a föld méhének kincseire és a természeti erőforrásokra nem terjed ki.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) IV. fejezetének 5:18. § (1), illetve (2) bekezdése szerint az épület tulajdonjoga – ha az épület és a föld tulajdonosa eltérően nem állapodnak meg – a földtulajdonost illeti meg. Az ingatlan tulajdonosa rendelkezhet úgy, hogy a földet és a rajta álló épületet önálló ingatlanokként jegyezzék be az ingatlan-nyilvántartásba.

Ingó

A polgári jogban minden ingónak minősül, ami nem ingatlan. (Polgári Törvénykönyv: 2013. évi V. törvény)

Ingot

Lásd: Acéltuskó, Acélglyártás

Inhibitor

Az inhibitor latin eredetű szó, inhibere = feltartóztatni, gátolni.

Inhibitor az olyan anyag megnevezése, amely a kémiai reakciót (például az oxidációt, polimerizációt stb.) korlátozza vagy akadályozza. (*Neumüller szerk., 2. kötet, 1982*)

Például az MSZ EN ISO 8044:2020 szabvány szerint a fémek és ötvözetek korrózióját gátló inhibitor a korrózió sebességét anélkül csökkenti, hogy a korróziót okozó hatóanyag (angolul: corrosive agent, németül: Angriffsmitte) koncentrációját jelentősen megváltoztatná.

Lásd még: Stabilizátor, Öregedés

Injektálás, Injektáló habarcs

Az MSZ EN 1504-1:2006 szabvány szerint az injektálóanyagok olyan termékek, amelyek a betonszerkezetek repedéseibe, üregeiben stb. sajtolva visszaállítják azok teherbírását és/vagy tartósságát, illetve az MSZ EN 1504-5:2013 szabvány szerint a beton tömörségét, vízhatlanságát, az acélbetét korrózióvédelmét, a betonszerkezet teherbírását. *Iványi szerk. (2006)* szerint, ha az átmenő repedés öngyógyulása nem következik be, akkor a vízzárást injektálással kell biztosítani.

Az egykori Építésügyi Minisztérium habarcsokra vonatkozó 1973-ban érvényét veszített ME-48:1963 műszaki előírása szerint az injektáló habarcsok a besajtolással végzett repedés-, üreg-, hézagkitöltés, valamint talajszilárdítás célját szolgálják. Az injektáló habarcsoktól megkívánt tulajdonság a megfelelő szilárdság, térfogatállandóság, vízzáróképeség stb., amelyeket külön előírás szerint az összetétel megfelelő megválasztásával kell biztosítani. A friss injektáló habarcsoktól megkövetelendő a megfelelő besajtolhatóság a kívánt helyre, célszerűen kiválasztott injektáló berendezéssel. Az injektáló habarcsok kötőanyaga cement, egyes esetekben mészhidrát, puccolán, agyag vagy bentonit külön szempontok szerint.

Az injektálás az építmény kis keresztmetszetű üregeinek túlnyomásos kitöltése betonhabarccsal vagy kötőanyagpéppel (MSZ 15033:1979).

Az injektálóhabarcsokat üregek, hézagok, sziklatalajok repedéseinek tömítésére és laza szemcsés talajok szilárdságának növelésére használják (*Balázs, 1984*).

Az injektálóhabarcsot injektálással dolgozzák be, azaz a habarcsot csővezetéken, szivattyúval juttatják a megfelelő helyre. A nagyobb üregekbe a megfelelő összetételű és konzisztenciájú habarcsot is benyomhatják, a repedések és pórusok kitöltésére azonban csak a híg folyós, pépszerű keverékek alkalmasak (*Balázs, 1984*).

A szilárdsági igény nélküli kitöltő habarcsokhoz cement helyett agyagot és bentonitot is szabad használni (*Balázs, 1984*).

A kábelcsatorna-habarcsokkal feszítőkábelek csatornáit injektálják ki a csatornaüregek kitöltése és a kábelek korrózióvédelme céljából. A kábelcsatorna-habarcs fontos tulajdonsága a folyékonyság és a kis ülepedés, a 0,38-0,44 közötti víz-cement tényező, a folyósság javítására és a víz-cement tényező csökkentésére adalékszereket használnak. A cement legalább 32,5 pc. minőségű (*Balázs, 1984*).

A klasszikus injektálási munka szerkezetközi, vagy szerkezeti üregek kitöltésével foglalkozik. A nem határozott geometriájú üregek, például kavicsfészkek, munkahézagok kitöltése klasszikus injektáló anyagokkal (cementalapú, műgyantaalapú szerekkel) nem lehetséges, mert ezek viszkozitása nagy és tixotróp tulajdonságúak, valamint szemnagyságuk folytán a kis nyílásokba nem hatolnak be. E célra a klasszikus impregnálószerek azért nem alkalmasak, mert a monomerek átfolynak az üregeken, illetve a tömbbe szilárduló műanyag feszültség-hordozóvá válik, és terheléskor a betonnal nem dolgozik együtt. Ugyanakkor ezeket a fészkeket, hézagokat

mikrocement injektálással nagyon jól ki lehet tölteni és megszilárdulás után az erőjátékba bekapcsolni (*Balázs et al., 1999. Szerző: Kovács Károly*).

A repedések injektáló anyaga alkalmasságának vizsgálatához az MSZ EN 1766:2017 szerinti referenciabetonból (150 ± 2) mm átmérőjű, (100 ± 2) mm magas próbahengert kell készíteni, hosszában ketté kell hasítani, a két félhengert távolságtartóval $(1 \pm 0,2)$ mm széles hézagot képezve egymáshoz rögzíteni kell, a hézagot a palástmentén szigetelni kell, és a próbatestet forró elasztomerbitumennel körbeöntve a vizsgáló formába kell helyezni. A próbatestet (48 ± 4) órán át (21 ± 2) °C hőmérsékleten és (60 ± 10) % relatív páratartalom mellett klimatizálni kell, de a repedés lehet nedves vagy vizes vagy vízzel teli. A hézagot ki kell injektálni, a próbatestet 7 napon át (21 ± 2) °C hőmérsékleten és (60 ± 10) % relatív páratartalom mellett kell tárolni. A víznyomást alulról felfelé 7-7 napig kell a próbatestre a legnagyobb nyomás 25, 50, 75 és 100 %-os fokozatán működtetni. Ha a 25%-os és az 50%-os fokozaton szivárgás jelentkezik, akkor az injektáló anyag a vizsgálatot nem állta ki. (*Balázs L. – Kausay, 2010*)

A betonban lévő kiinjektált, nem mozgó repedések vízzáróságát az MSZ EN 14068:2004 szabvány szerint kell meghatározni.

A közlekedésépítési betonszerkezeti elemek repedéseinek kitöltésével a német ZTV-RISS 93 műszaki irányelv foglalkozik.

Az utófeszített vasbeton szerkezetek feszítőkábelüregeit és csatornáit az MSZ EN 1992-1-1 Eurocode 2 szabvány előírását figyelembe véve kell a feszítés után kiinjektálni. A feszítőkábelek injektálóhabarcsainak vizsgálati módszereit az MSZ EN 445:2008 szabványban, az injektálási eljárásait az MSZ EN 446:2008 szabványban, a feszítőkábel injektálóhabarcsok alapvető követelményeit az MSZ EN 447:2008 szabványban szabályozták.

Lásd még: Bentonit, Mikrocement

Ion

Az atomok elektromosan semlegesek, mivel az atommagban lévő pozitív töltésű protonok száma megegyezik az atommag körül keringő negatív töltésű elektronok számával. Ha valamely semleges atom egy vagy több elektront lead, akkor az atom pozitív töltésű ionná, kationná, ha pedig egy vagy több elektront felvesz, akkor az atom negatív töltésű ionná, anionná válik (*1.5.II. ábra*).



1.5.11. ábra: Nátrium-klorid ionvegyület, amelyben a nátrium- és kloridionok kristályszerkezetet hoztak létre. Forrás: <https://hu.khanacademy.org/science/chemistry/>

Lásd még: Kation, Anion

Ionizáló sugárzás

Olyan nagy energiájú sugárzás, amely anyagba hatolva képes abban ionokat létrehozni. Legfontosabb fajtái az alfa-, béta-, gamma-, röntgen- és neutronsugárzás.

Az úgy nevezett sugárvédő betonnal az ionizáló sugárzás ellen védekezünk. Az ionizáló sugárzás elleni védelemmel az MSZ 62-2:2017 – MSZ 62-7:2017 szabványsorozat foglalkozik, ezek az eredeti visszavont MSZ 62:1978 szabvány mai változatai.

Lásd még: Gamma-sugárzás, Hidrátbeton, Neutronsugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Sugárzás

Ion-kicserélő-képesség

Az ion-kicserélő-képesség a kolloid anyagok (például bentonitok) azon tulajdonsága, hogy megfelelő iontartalmú oldatokban szuszpendálva, saját ionjaik egy részét az oldat megfelelő ionjaival kicserélni képesek anélkül, hogy az elemi részek belső szerkezete bármilyen lényeges változást szenvedne (MSZ 17746:1953 R, R → ajánlott szabvány).

Lásd még: Bentonit, Kolloidok, Szuszpenzió

Ionos kötés

Az ionos kötésű (poláris kötésű, elektrosztatikus kötésű) molekulák oldott vagy olvadt állapotban kémiai bomlás közben vezetik az elektromosságot, és vízben ionképződéssel többnyire oldhatók. Ilyen kötés van például a nátrium-kloridban, a kalcium-oxidban, a folyópáthban stb., azaz a szilárd, nehezen párolgó, ion-rácsokat alkotó kristályos vegyületekben. Ezekben a szervesetlen, sószerű szilárd molekulákban szilárd, kristályos állapotban is ionok vannak. Az ionos kötésben ható erőknek nincs egyértelmű irányuk, hanem minden irányban egyforma mértékben hatnak. A kristályok oldásakor az oldószer molekulái az ionok közé

nyomulnak, és ez annál könnyebb, minél kisebb a kristályrácsban az ionokat összetartó erő. Ez az oldhatóság jelensége. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

Lásd még: Atomos kötés, Mellékvegyértékkötés

Ipari betonpadló

Ipari padló többféle anyagból készíthető. Az 1980-as évek ipari padlóburkolat készítése követelményeiről, technológiájáról – beleértve a cementkötésű, a bitumenkötésű, a műgyantakötésű, a természetes kőanyagú, a kerámia, a fa, a fém és a műanyag ipari padlóburkolatokat – *Hegedűs János* (1987) könyvéből tájékozódhatunk.

Az ipari betonpadlók különleges igénybevételű (1.5.12. ábra), különleges betonösszetételt, tervezési és kivitelezési módot igénylő ipari járófelületek. Állhatnak térburkolatjelleggel a szabadban, de többnyire ipari gyártó-, szerelő-, karbantartó- és raktárcsarnokok, áruházi csarnokok stb. padlóját képezik. A szabványokban a beltéri ipari betonpadlókat általában nem tekintik teherhordó szerkezetnek, kivéve a kifejezetten teherhordó vagy merevítő betonpadlólemezeket, amelyeknek a csarnokszerkezetek erőjátékában szerepe van (*Lohmeyer et al.*, 2006, 2008).

Az ipari betonpadlólemezek teherbíró talajon és folyamatos ágyazaton fekszenek, rugalmasan ágyazott lemezként viselkednek, és az épületrészekről tárgulási (dilatációs) hézaggal elválasztottak, többnyire hézagmentesen vagy nagytáblásan, tartósan „repedésmentesen” kialakítottak. A betonpadlók szerkezete lényegében a talajból, az ágyazatból, az elválasztó/csúsztató rétegből és a betonpadlólemezről áll. (*Lohmeyer et al.*, 2006, 2008).

Fizikai igénybevétel

- hőmérsékleti különbségek
- kiszáradás
- súrlódó/gördülő/lökő igénybevétel

Kémiai igénybevétel

- savak, szulfátok, lúgok
- olajok, zsírok

A betonpadlókat érő hatások

Használati tulajdonságok

- simaság
- csúszásgátlás
- érdesség (a fedetlen felületeknél)
- vízelvezetés
- tisztíthatóság

Speciális tulajdonságok

- hővezetési ellenállás
- folyadékzárás
- elektromos vezetőképesség
- tűzállóság

Terhelés

- pontterhelések (pl. villás targoncák, polcok)
- felületi terhelések (pl. tárolt áruk)

1.5.12. ábra: Az ipari betonpadlókat érő hatások (*Lohmeyer et al.*, 2006, 2008)

Az ipari csarnokok, raktárak, bevásárló központok építésével terjedt el az automata targoncák közlekedésére is alkalmas *ipari pormentes kopásálló betonpadlóburkolatok* készítése (1.5.13. ábra). A kellően tömör teherhordó rétegre fektetett monolit betonpadlóburkolat vastagsága általában 200-250 mm, amelynek tárgulási hézagmentes táblamérete akár 900 m², legfeljebb 2500 m² is lehet. Anyaga a C25/30 – C35/45 nyomószilárdsági osztályú, legalább 30 kg/m³

acélszál adagolású szálerősítésű beton, amelyet lézervezérelt berendezéssel terítenek el és tömörítenek (1.5.I4. ábra). A végleges, nagy simaságú, kopásálló felületet rotoros simítógéppel alakítják ki, általában 3-5 kg/m² kemény szemcse bedörzsölésével (1.5.I5. ábra).



1.5.I3. ábra: Magas polcos raktár acélszál-erősítésű ipari betonpadlóburkolattal



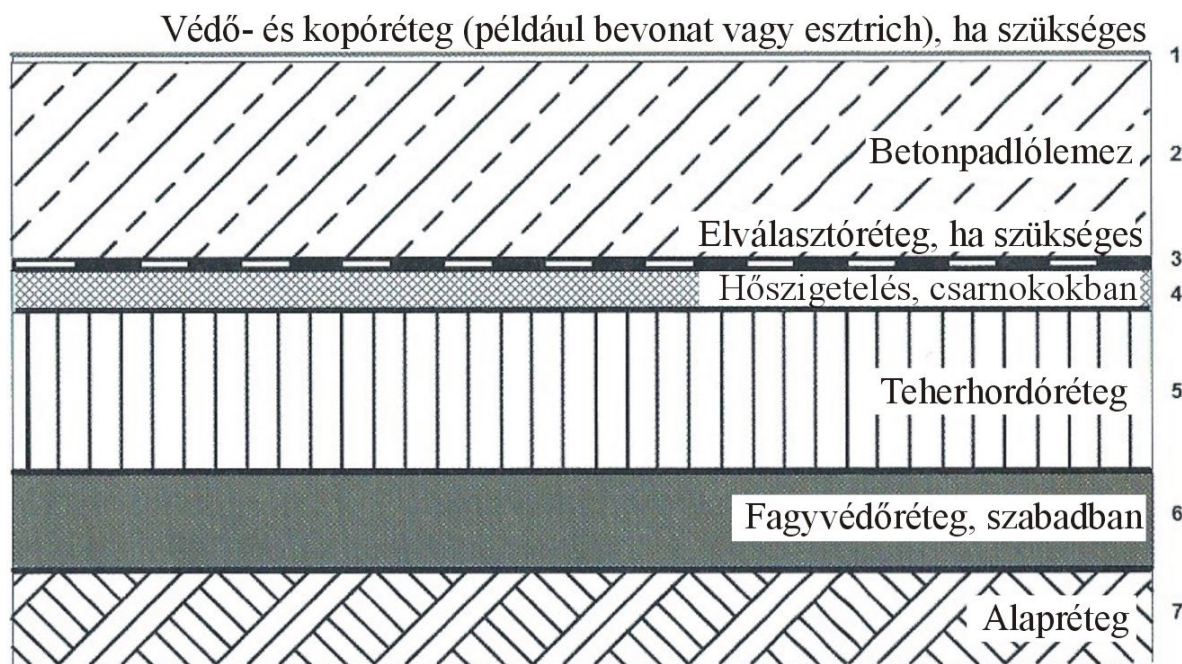
1.5.I4. ábra: Lézervezérelt terítógép ipari padló készítéséhez



1.5.I5. ábra: Rotoros simítógép ipari padló készítéséhez

Forrás: <http://www.betonopus.hu/notesz/betonipar-fejlolese-szte-2009.pdf>,
 Borosnyói et al., 2009)

Németországban 2004-ben (DBV Merkblatt:2004), 2013-ban (DBV Merkblatt:2013) és 2017-ben (DBV Merkblatt:2017) adtak ki ipari betonpadlókkal foglalkozó műszaki útmutatót. Az „Industrieböden aus Beton” című DBV Merkblatt:2017 műszaki útmutató a 2004. évi műszaki útmutató átdolgozott és bővített változata. Ebben a kopóréteggel, hőszigeteléssel, fűtéssel vagy ezek nélkül készített, szabadban lévő vagy gyártó-, szerelő-, raktár- vagy kiállítási csarnokok monolit vagy többrétegű, nem teherhordó vagy merevítő szerepű ipari betonpadlóinak (1.5.16. ábra) tervezésével, kivitelezésével, tulajdonságaival, követelményeivel foglalkoznak. A teherhordó vagy merevítő szerepű ipari betonpadlóra a műszaki útmutatóban foglaltak csak kiegészítésekkel (EN 1992-1-1, EN 206, EN 13670) érvényesek Magas polcos raktárak esetén az érvényben lévő állami építési előírásokat kell betartani, és a polcok magasságától függően úgy kell eljárni, hogy az ipari padlónak lehetőleg ne legyen teherhordó vagy merevítő szerepe.



1.5.16. ábra: A szabadban vagy csarnokokban lévő ipari betonpadló felépítésének elvi vázlata a DBV Merkblatt:2017 műszaki útmutatóban

A német DBV Merkblatt:2013 műszaki útmutatóban a DBV Merkblatt:2004 műszaki útmutató kiegészítéseképpen a C20/25 – C40/50 nyomószilárdsági osztályú betonból készülő, nem teherhordó és merevítő szerep nélküli acélszál-erősítésű vasalatlan vagy vasalt ipari betonpadlók méretezési, szerkesztési, gyártási és kivitelezési sajátosságait tárgyalják. A DBV Merkblatt:2013 műszaki útmutató kapcsolatban áll az acélszál-erősítésű betonokkal foglalkozó DAfStb-Richtlinie:2012 „StahlFaserbeton” című műszaki irányelvvel (a magyarázatokat lásd például a DAfStb Heft 614:2015 füzetben; a DAfStb-Richtlinie „StahlFaserbeton” műszaki irányelv legutóbbi kiadása 2021-ben jelent meg).

Az acélszál-erősítésű betonpadlókat az EN 1992-1-1 szabvány szerinti lineáris-rugalmas (5.5. szakasz) vagy képlékeny (5.6. szakasz) vagy nemlineáris (5.7. szakasz) erőtanai módszerrel kell méretezni. Az acélszál-erősítésű ipari padlóbetonok DBV Merkblatt:2013 műszaki útmutatójában a képlékeny törésvonal-elméleti méretezést példán mutatják be.

Hazánkban a 2004-ben alakult EIPE Esztrich és Ipari Padló Egyesület elkészítette az ÉPMI 5/2020. „Ipari padlók tervezési és kivitelezési szabályai” című építőipari műszaki irányelvet.

Az ÉPMI 5/2020. ipari padló műszaki irányelv alkalmazási területe: Talajon fekvő, rugalmas ágyazású, valamint vasbeton födémként alkalmazott beltéri, burkolatlan vagy burkolásra kerülő betonpadlók. A vasbeton födémként vagy alaplemezként alkalmazott szerkezetek felületképzése lehet ipari padló jellegű.

Az ÉPMI 5/2020. ipari padló műszaki irányelv szerint az ipari padló betonjának nyomószilárdsági osztálya az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti C25/30 – C50/60 közé tartozzon, de kéregerősítéssel ellátott ipari padlóknál ne legyen nagyobb, mint C35/45. A beton átlagos hajlító-húzószilárdsága az ipari padló terhelésétől, vastagságától és az aléptímténtől függően 3-4 N/mm² vagy 4-5 N/mm² esetleg > 5 N/mm² legyen.

A beton hajlító-húzószilárdságát az MSZ EN 12390-5:2009 szabvány szerint kell meghatározni általában a beton 28 napos korban, kétpontos terheléssel. E műszaki irányelv szerint a hajlító-húzószilárdság vizsgálatára a sablonban készült, végig vízben tárolt 150x150x600 mm méretű hasáb alakú próbatest használata ajánlott, amelyet 450 mm fesztávolságon kell hajlítani.

Acélszál-erősítésű betonból készült ipari padlók esetében az MSZ EN 14889-1:2007, illetve műanyagszál-erősítésű betonpadlók esetében az MSZ EN 14889-2:2007 szabvány előírásait be kell tartani.

A szálerősítés hatását az MSZ EN 14845 szabvány és a RILEM TC 162-TDF (2003) program szerinti gerendakísérlettel, tehát az adott száltípusra jellemző erő-repedésmegnyílás görbével (CMOD, azaz Crack Mouth Opening Distance) kell meghatározni. A mért erőértékekből számítható a repedés kialakulása után maradó hajlító-húzószilárdság és a padló hajlítási teherbírása. Ez a követelmény az ipari padlóknál szükséges a rendeltetésszerű használat és a megfelelő tartósság biztosítása érdekében.

Ipari betonpadló felületi, illetve rétegek közötti tapadó-húzószilárdságát az MSZ EN 13892-8:2003 szabvány szerint kell vizsgálni, és az feleljen meg az MSZ EN 13813:2003 szabvány 5.2.12. szakasz szerinti B 1 – B 2 osztálynak.

Az ipari betonpadló csúszási ellenállását az SRT ingával határozzák meg. Csúszásbiztos a betonpadló, ha a visszavont MSZ 18290-6:1985 szabvány szerint mért SRT-érték 65-80, és igen csúszásbiztos, ha nagyobb, mint 80. Az érvényes MSZ EN 13036-4:2012 szabványban a C-skálán leolvasott SRT-értéket PTV-értéknek nevezik.

Ipari padló beton repedéstágassága legfeljebb 0,4 mm lehet. A hálós (mikro-repedés) repedések kialakulása a kéregerősített ipari padlók esetében a beton és a kéregerősítő réteg különböző zsugorodási hajlamából fakadnak. Az úgy nevezett hálós repedések nem kifogásolhatók, ha tágasságuk 0,4 mm alatti, csak a felületet érintik, azaz nem hatolnak be a betonkeresztmetszetbe, és nem okoznak kéregfelválást.

Kéregerősített ipari padló esetén a kéregerősítő szárazhabarcsból vagy beépített kopórétegből vett minta kopásállósága feleljen meg az MSZ EN 13813:2003 szabvány 5.2.3. szakasz 4. táblázat szerinti A22-A1,5 osztálynak, illetve a Padló MI 01:2015 esztrichpadozatok műszaki irányelvben előírtaknak. A vizsgálati módszer az MSZ EN 13892-3:2015 szabvány szerinti.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az ipari betonpadlóburkolatok betonját, ha nem kerül rá kopóréteg, illetve kéregerősítés nélkül marad, akkor XK4(H) kopásállósági környezeti osztályba kell sorolni, amelyben az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerint vizsgált kopási térfogatveszteség megengedett mértéke száraz koptatás esetén 8000 mm³, és vizes koptatás esetén 14000 mm³.

Az ipari betonpadlók tervezési és kivitelezési tulajdonságait hazánkban *Csorba Gábor* főmérnök 2012 óta a Beton szakmai havilapban megjelenő, elméleti megfontolásokon és gyakorlati tapasztalatokon alapuló „egypercesekben” (Ipari padló egypercesek, Betontechnológiai egypercesek) elemzi (<https://www.betonujsag.hu/lapszamok/cikk/>).

Lásd még: Aprózódási csoport, Arányossági határ, Repedéstágasság (bemetszéztágasság) változás, Szálerősítésű beton, Szálerősítésű lövellt beton

Iránytangens

Az iránytangens az egyenes hajlásszögének (α) a tangense ($\operatorname{tg}\alpha$), azaz a derékszögű koordináta-rendszerben az egyenes és az abszcissa-tengely (x -tengely) pozitív iránya által bezárt hajlásszög tangense, más szóval az egyenes meredeksége. Az iránytangens az egyenes egy szakasza magasságának és alaphosszának hányadosa.

Ha a koordináta-rendszerben a szóban forgó szakasz magasságának például valamely beton σ feszültsége és alaphosszának ugyanazon beton ε fajlagos hosszváltozása felel meg, és például a σ feszültség értéke $32,2 \text{ N/mm}^2$, az ε fajlagos hosszváltozás pedig $0,00115$, akkor a beton rugalmassági modulusa (a magasság/alaphossz hányadosnak megfelelően, mint az egyenes iránytangense) $E = \sigma/\varepsilon = 32,2/0,00115 = 28000 \text{ N/mm}^2$; amelyhez mint iránytangenshez $\arctg 28000 = 89,99795372^\circ$ -os hajlásszög tartozik ($\operatorname{tg} 89,99795372 = 28000$). Ebben az értelemben a beton rugalmassági modulusa kvázi iránytangens.

Fontos megjegyezni, hogy az iránytangens nem azonos a papíron lerajzolt háromszög ott lemerített magasságának és alaphosszának hányadosával.

Lásd még: Emelkedő

Ismeretlen relatív szórás (ismeretlen variációs tényező vagy együttható)

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode tervezési szabvány D6. és D7. fejezete alapján, illetve D7.2. szakasza (2) bekezdése szerint ismeretlennek tekintjük a független változó (x) szórását (s), ha relatív szórásának (V_x) értéke előzetes adatokból még nem ismert, és azt a mintából kell meghatározni.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7.2. szakasza szerint, ha a $V_x = s_x/m_x$ relatív szórás ismeretlen (előzetes adatok alapján még nem ismert), akkor a mintából meghatározott szórás négyzete (szimmetrikus) *normális-eloszlás* (*Gauss-eloszlás*), illetve az azt közelítő *t-eloszlás* (*Student-eloszlás*) esetén a következő:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum (m_x - x_i)^2$$

és (nem szimmetrikus) *lognormális-eloszlás* esetén pedig a következő:

$$s_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2 = \frac{1}{n-1} \sum \left(\ln x_i - \frac{1}{n} \sum \ln x_i \right)^2$$

ahol:

n = kísérletek vagy vizsgálatok eredményeinek száma,

m_x = vizsgálati eredmények átlaga (várható értéke) *Student-eloszlás* esetén,

$m_y = \frac{1}{n} \times \sum \ln x_i$ = vizsgálati eredmények átlaga (várható értéke) *lognormális-eloszlás* esetén,

x_i = egyes vizsgálati eredmények.

Ismeretlen relatív szórás esetén az x független változónak a mintából meghatározott X_d jellemző értékét (karakterisztikus értékét) az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7.2. szakasza szerint lényegében (az átszámítási és a parciális, azaz biztonsági tényező figyelembevétel nélkül),

- ha az eloszlás *normális*, akkor az $X_d = m_x \times (1 - k_{n, ismeretlen} \times V_x) = m_x - k_{n, ismeretlen} \times s_x$,

- ha az eloszlás *lognormális*, akkor az $X_d = \exp(m_y - k_{n, ismeretlen} \times s_y) = e^{(m_y - k_{n, ismeretlen} \times s_y)}$

összefüggéssel kell kiszámítani.

Ezekben az X_d összefüggésekben m az átlag és s a szórás, illetve V_x a relatív szórás, amelyek mindegyikét a minta vizsgálati eredményeiből kell a fenti módon kiszámítani. Megjegyezzük, hogy az átlagot például $\bar{x}$ jellel, a relatív szórást s_{rel} jellel is szokás jelölni.

A $k_{n, ismeretlen}$ az ismeretlen relatív szórás esetén alkalmazandó alulmaradási tényező, amelynek értékei a vizsgálati eredmények n számának függvényében az MSZ EN 1990:2011 szabvány

D1. táblázatának harmadik sorában (Ismeretlen V_x) találhatók (lásd könyvünk 1.5.H1. táblázatának harmadik sorát). E táblázatot normális-eloszlás feltételezésével készítették.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1. táblázatának harmadik sorában (Ismeretlen V_x) található $k_{n, ismeretlen}$ alulmaradási tényező értékek nagyobbak, mint a megszokott, az ismeretlen relatív szórás esetén alkalmazandó, például az MSZ 4798:2016 szabvány NAD P1. táblázatában lévő $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozó *Student*-tényezők.

Az ismeretlen relatív szóráshoz tartozó alulmaradási tényező nagyobb, mint az ismert relatív szóráshoz tartozó alulmaradási tényező; a kettő különbsége az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1. táblázata szerint $n \rightarrow \infty$ esetén csökken. A beton szilárdsága jellemző értékének meghatározásához szükséges alulmaradási tényező értéke – ha az alulmaradási hányad $p = 0,05$ ($p\% = 5$), akkor – mind az ismeretlen, mind az ismert relatív szórás alkalmazása mellett $n = \infty$ esetén $t_{n=\infty} = 1,645$.

Lásd még: *Bayes*-féle megközelítés, Biztonsági tényező, Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Ismert relatív szórás, Jellemző érték, Relatív szórás, *Student*-tényező, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

Ismeretlen szórás

Lásd: Ismeretlen relatív szórás

Ismert relatív szórás (ismert variációs tényező vagy együttható)

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode tervezési szabvány D6. és D7. fejezete alapján, illetve D7.2. szakasza (2) bekezdése szerint ismertnek tekintjük a független változó (x) szórását (s), ha relatív szórásának ($V_x = s/m$) értéke vagy annak egy valós felső korlátja előzetes adatokból már ismert. Az előzetes adatok összehasonlítható körülmények között végrehajtott korábbi kísérletek kiértékeléséből származhatnak.

Ismert relatív szórás (V_x), illetve ennek felhasználásával számított szórás (s) esetén az x független változónak a mintából meghatározott X_d jellemző értékét (karakterisztikus értékét) az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7.2. szakasza szerint lényegében (az átszámítási és a parciális, azaz biztonsági tényező figyelembevétele nélkül),

- ha az eloszlás *normális*, akkor az $X_d = m_x \times (1 - k_{n, ismert} \times V_x) = m_x - k_{n, ismert} \times s_x$,
- ha az eloszlás *lognormális*, akkor az $X_d = \exp(m_y - k_{n, ismert} \times s_y) = e^{(m_y - k_{n, ismert} \times s_y)}$,

összefüggéssel kell kiszámítani, ahol $m_x = \frac{1}{n} \times \sum x_i$ és $m_y = \frac{1}{n} \times \sum \ln x_i$.

Ezekben az X_d összefüggésekben m az átlag, amelyet a minta vizsgálati eredményeiből kell a fenti módon kiszámítani. Az s szórást a kiszámított m átlagból és az ismert V_x relatív szórásból kell meghatározni,

- ha az eloszlás *normális*, akkor az $s_x = m_x \times V_x$,
- ha az eloszlás *lognormális*, akkor az $s_y = \sqrt{\ln(V_x^2 + 1)}$

összefüggéssel. Megjegyezzük, hogy az átlagot például $\bar{x}$ jellel, a relatív szórást s_{rel} jellel is szokás jelölni.

A lognormális-eloszlás s_y szórását adó $\sqrt{\ln(V_x^2 + 1)}$ kifejezés közelítőleg egyenlő a V_x relatív szórás értékével, azaz: $s_y = \sqrt{\ln(V_x^2 + 1)} \approx V_x$ (MSZ EN 1990:2011 szabvány D7.2. szakasza). Például, ha $V_x = 0,15$ (lásd például a régi MSZ 15022-1:1971 szabványt), akkor $V_x^2 = 0,0225$; $V_x^2 + 1 = 1,0225$; $\ln(V_x^2 + 1) = 0,022250608$ és $\sqrt{\ln(V_x^2 + 1)} = 0,149166376 \approx 0,15$.

A $k_{n, ismert}$ az ismert relatív szórás esetén alkalmazandó alulmaradási tényező, amelynek értékei a vizsgálati eredmények n számának függvényében az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1.

táblázatának második sorában (Ismeretlen V_x) található (lásd könyvünk 1.5.H1. táblázatának második sorát). E táblázatot normális-eloszlás feltételezésével készítették.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1. táblázatának első sorában (Ismert V_x) található $k_{n,ismert}$ alulmaradási tényező értékek kisebbek, mint a megszokott, például a visszavont MSZ 256-2:1973 szabvány 2. táblázatában, az MSZ 4798:2016 szabvány NAD P1. táblázatában lévő $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozó *Student*-tényezők.

Bizonyos, hogy az ismertnek tartott relatív szórás, illetve szórás a mélyreható kísérleti terv alapján nyert előzetes adatokból a matematikai statisztika eszköztárának – a szimmetrikus valószínűségi eloszlást feltételező *Gauss*-eloszlás alapú *Student*-, netán az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti *Taerwe*-eloszlásnál – magasabb rendű elemével, például lognormális vagy extrémérték-eloszlással célszerű meghatározni.

Más felfogást képvisel az MSZ 4798:2016 szabvány – követve az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványt –, amelynek a 8.2.1.1. szakasza szerint – a folyamatos betongyártás feltételeként – a σ szórás akkor tekinthető ismertnek, jobban mondva az átlag értékétől független adott értéknek, ha azt 12 hónapon belüli legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli, változatlan feltételek mellett végzett vizsgálat eredményéből határozták meg.

Lásd még: *Bayes*-féle megközelítés, Biztonsági tényező, Extrémérték-eloszlás, Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Ismeretlen relatív szórás, Jellemző érték, Lognormális-eloszlás, Relatív szórás, *Student*-tényező, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

Ismert szórás

Az ismert szórás áttételes fogalom, mert nem a szórás (σ), hanem a relatív szórás (V_x) tekinthető megfelelő körülmények között ismertnek. Az „ismert szórás” (σ) nem egy konstans érték, hanem az ismert relatív szórásból (V_x) és a vizsgálati eredmények átlagából ($\bar{x}$) esetenként számított érték ($\sigma = V_x \times \bar{x}$).

Lásd még: Ismert relatív szórás

Ismétlési feltétel

Az ismétlési feltétel az a megengedett terjedelem vagy hozzá tartozó megengedett szórás, amelynél egy adott vizsgáló személy, ugyanazon mintán, ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül végezte vizsgálatok eredménye terjedelmének vagy szórásának 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz legfeljebb 5%-os relatív gyakorisággal) szabad nagyobblnak lennie. Az ismétlési feltételt kielégítő vizsgálatokat összeférhető vizsgálatoknak nevezzük.

ISO International Organization for Standardization

Az ISO Nemzetközi Szabványügyi Testület 1947 februárjában alakult meg. Központja Genfben (Svájc) van. Az ISO társadalmi szervezet, tagságát jelenleg 164 nemzeti szabványosítási szervezet alkotja. Szorosan együttműködik a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottsággal (IEC, International Electrotechnical Commission) és a Nemzetközi Távközlési Egyesülettel (ITU, International Telecommunication Union), amely utóbbi az ENSZ alszervezete. Az ISO és az IEC irányító szerve a közgyűlés, a szabványosítási igazgatótanács (SMB = Standardization Management Board) és a műszaki igazgatótanács (TMB = Technical Management Board).

Az általános ügyintézés, a szabványosítási munka tervezése, szervezése és az eljárások bonyolítása az ISO és IEC genfi központi titkárságának a feladata.

A szabványosítási munkát a nemzeti bizottságok és szakértőik végzik technikai bizottságokban (TC = Technical Committee), albizottságokban (SC = Subcommittee) és munkacsoportokban (WG = Working Group). Tevékenységük eredménye a munkatervezet (WD = Working Draft), a bizottsági tervezet (CD = Committee Draft), angol és francia nyelven az ISO, illetve IEC tagok között véleményezésre körözött nemzetközi szabványtervezet (DIS = Draft International

Standard), angol és francia nyelven a nemzetközi szabványkézirat (International standard manuskript) angol és francia nyelven a nemzetközi végleges szabványtervezet (FDIS = Final Draft International Standard), majd végül angol és francia nyelven a nemzetközi szabvány (például: ISO).

További ISO szabványosítási kiadvány például az ISO/TR (Technical Report) nemzetközi műszaki jelentés, az ISO/TS (Technical Specification) nemzetközi műszaki specifikáció és az ISO/Guide nemzetközi irányelv. (Hartlieb et al., 2016)

Jellemző érték, karakterisztikus érték, jellemző szilárdság, küszöbérték, küszöb szilárdság

Angolul: Characteristic value, Threshold

Németül: Charakteristisches Wert, Schwellenwert

A jellemző érték (karakterisztikus érték) a matematikai statisztikában valamely valószínűségi változó azon értéke, amelynél kisebb vagy nagyobb értéket a valószínűségi változó adott valószínűséggel (valószínűségi szinten, megbízhatósági szinten, konfidenciaszinten) vesz fel. (visszavont MSZ 246-1:1956), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok)

Például az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton jellemző értéke (karakterisztikus értéke) a 0,05 értékű (5%-os) alulmaradási hányadhoz tartozó szilárdság. A szilárdság jellemző értéke lehet előírt érték és tapasztalati érték. Például az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a 28 napos korú beton nyomószilárdsága esetén:

- a jellemző szilárdság előírt értéke követelmény, amelyet az előíró ad meg. Jele $f_{ck,cyl}$ a Ø150×300 mm méretű beton próbahenger esetén, illetve $f_{ck,cube}$ a 150 mm élhosszúságú próbakocka esetén;
- a jellemző szilárdság tapasztalati értéke mérési eredményekből számított adat. Jele $f_{ck,cyl,test}$ a Ø150×300 mm méretű beton próbahenger esetén, illetve $f_{ck,cube,test}$ a 150 mm élhosszúságú próbakocka esetén (test = próba, vizsgálat, anyagvizsgálat, angolul).

Lásd még: Konfidenciaszint

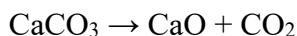
Jeltávolság

Lásd: Betonacél szakítóvizsgálati próbatest jeltávolsága

Kalcinálás

A kalcinálás általában a kémiai megkötött víz eltávolítását jelenti az anyagból hevítéssel.

Szűkebb értelemben a kalcinálás – kalcium-oxiddá alakítás – a mész- és cementtechnológiában a mészégetés, mészkőégetés, cementgyártási nyersliszt égetés mintegy 830 °C hőmérsékleten zajló kémiai folyamatának elnevezése, amelynek lényegi termékei a kalcium-oxid (CaO) és a szabaddá váló szén-dioxid (CO₂):



A cementgyártási nyerslisztben lévő mészkőörlemény részben az előmelegítő ciklonban, végül a kalcinátorban vagy a kalcináló-zónás forgókemencében ég ki, amely folyamatot német nyelvterületen „Entsäuerung”-nak, „(szén)savtalanításnak” is nevezik. Megjegyzés: Szénsavon általában a szén-dioxid vizes oldatát szokták érteni.

A mészkő (CaCO₃) kalcinálásához hasonló a dolomit (CaMg(CO₃)₂) vagy a magnezit (MgCO₃) „kalcinálása”.

Lásd még: Öko-beton

Kalcium-hidroxid

Kémiai jele: $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Szinonima elnevezések: kalcium-hidrát, mész, oltott mész, méspép, mésztej, mésvíz, építkező mész, kőműves mész, kémiai mész, simítómész stb.

A kalcium-hidroxid színtelen por, amely vízben némileg oldódik. Vizes oldata lúgos kémhatású. Szerves oldószerekben oldhatatlan. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Kalcium-aluminát cement

Angolul: Calcium aluminate cement

Németül: Tonerdezement

Az aluminátcementek csoportjába tartozó kalcium-aluminát cementet timföldcementnek, egyszerűen általában aluminátcementnek is nevezik.

Az MSZ EN 14647:2007 szabvány szerinti kalcium-aluminát cement alumínium-oxid-tartalma $35\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 58\%$.

Az aluminátcementeket (például: MSZ EN 14647:2007) szokványos építési célra nem szabad használni, alkalmazási területük a tűzállóhabarcs, tűzállóbeton.

Lásd még: Aluminátcement, Bauxitbeton

Kalcium-szilikát-hidrát

A kalcium-szilikát-hidrát (CSH, C-S-H) a portlandcement hidratációjának nagyszilárdságú főterméke:



A reakció mellékterméke a szilárdságot nem adó kristályos kalcium-hidroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), más néven portlandit.

Lásd még: Portlandit

Kalcium-szulfátesztrich

Lásd: Szulfátesztrich

Kanálpróba

A kanalpróba a beton konzisztenciájának régi közelítő ellenőrzési módja.

Az MSZ 4714:1955 visszavont szabvány szerint a kanalpróbahez az elterített, de bedolgozatlan és simítatlan beton felületét léccel egyenesre lehúzzuk, ezután egy szabványos kőműveskanállal (MSZ 240) ütésekkel mérünk a betonfelületre, míg a felület fényes, nedvesen csillogó, habarcsos lesz. Az ütések kb. 25 cm magasból, könyökből, gyorsan és erőteljesen, simító mozdulatok nélkül kell végezni,

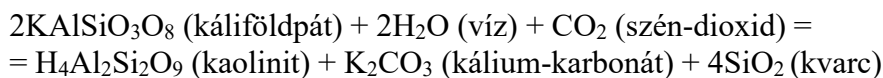
A habarcsképződésig szükséges ütések száma a kanalpróba jellemzője. Ha a szükséges ütések száma

- 25-35, akkor a beton alig földnedves;
- 15-25, akkor a beton földnedves;
- 5-15, akkor a beton kissé képlékeny;
- 2-5, akkor a beton képlékeny;
- 0-2, akkor a beton folyós.

Lásd még: Konzisztencia

Kaolin, kaolinit Gipsz

A kaolin, vagy más néven porcelánföld, porcelánagyag, fehéragyag olyan vasmentes, fehér üledékes kőzet, amely főképp kaolinit agyagásványból ($\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$) áll. A kaolinit a földpát mállási terméke, például (*Vendl*, 1953):



Lásd még: Samott-tégla

Kapilláris, kapillárpórus

A kapilláris latin eredetű szó, jelentése: hajszálcső.

A cementkőben a beton keverővizének mennyiségétől függően kapillárpórusok (kapillárisok) keletkeznek. A cement hidratációja során a cementkőbe kémiaiilag legfeljebb a cement mintegy 30-35 tömeg%-át kitevő vízmennyiség épül be, amely 0,30-0,35 értékű víz-cement tényezőnek felel meg. Ha a beton ennél több vízzel készül, akkor a vízfelesleg finom, hajszálcsöves, gyakran összefüggő pórusrendszert hoz létre, amelynek alkotói a beton felületére is kivezető kapillárpórusok.

A kapillárpórusok mennyiségének növekedésével a cementkő és a beton minősége romlik.

A kapillárpórusok mérete általában $0,1\text{-}10,0 \mu\text{m} = 10^{-4}\text{-}10^{-2} \text{ mm}$.

Kapilláris víz

A kapilláris víz az elgőzölhető víz (pórusvíz) része.

A kapilláris víz a kapilláris erők hatására a nagyobb kapillárisokban, a pórusokban, a cement hidratációs termékek között helyezkedik el.

A kapilláris víz a vízmolekulák hidrogénhid-kötése és a kapilláris erők folytán vízfilmet képez a kapilláris falán. Kötési energiája a kapilláris átmérőjével fordítottan arányos. A kapilláris víz tulajdonképpen szabad vízként viselkedik (ezért sok esetben a szabad vízhez számítják), bár mozgása a kapilláris felületi feszültségek miatt a szabad víznél nehezebb, de éppen a felületi feszültségek hatására a nehézségi erő ellenében a kapillárpórusban felemelkedni képes. Ha a levegő relatív páratartalma 40 %-nál kisebb, akkor a cementkő nem tartalmaz sem szabad, sem kapilláris vizet. Fagyhatás esetén a kapilláris víz (sótartalmától és a kapilláris sugarától függően) általában -3°C hőmérséklet alatt megfagy.

Lásd még: Cementkőben lévő víz, Elgőzölhető víz, El nem gőzölhető víz

Kapilláris vízfelszívás

A kapilláris vízfelszívásnak a cementkő pórusrendszerének a kapilláris erők hatására végbemenő víz-, illetve folyadékfelszívását nevezzük. Kapilláris vízfelszívással a diffúziónél és a hidrodinamikai permeabilitásnál gyorsabban hatol be a víz vagy hatolnak be a vízben oldott ionok a betonba. A kapilláris vízfelszívásnak akkor van jelentősége, ha a víz vagy a vizes oldat a beton felületével közvetlenül érintkezik, például talajvízszint alatt lévő alapozások vagy falak, csapóesőnek vagy olvasztósó-oldatnak kitett felületek stb. esetén.

A kapilláris vízfelszívás mértékét a kapilláris vízfelszívási, illetve vízfelvételi együttható fejezi ki.

A kapilláris vízfelszívás $h_{\max}$ legnagyobb magassága [m] fordítottan arányos az r névleges kapilláris sugárral [mm] (1.5.K1. – 1.5.K2. ábra):

$$r \times h_{\max} = 1000 \times \frac{2 \times \sigma_{\text{víz}} \times \cos \theta}{\rho_{\text{víz}} \times g}$$

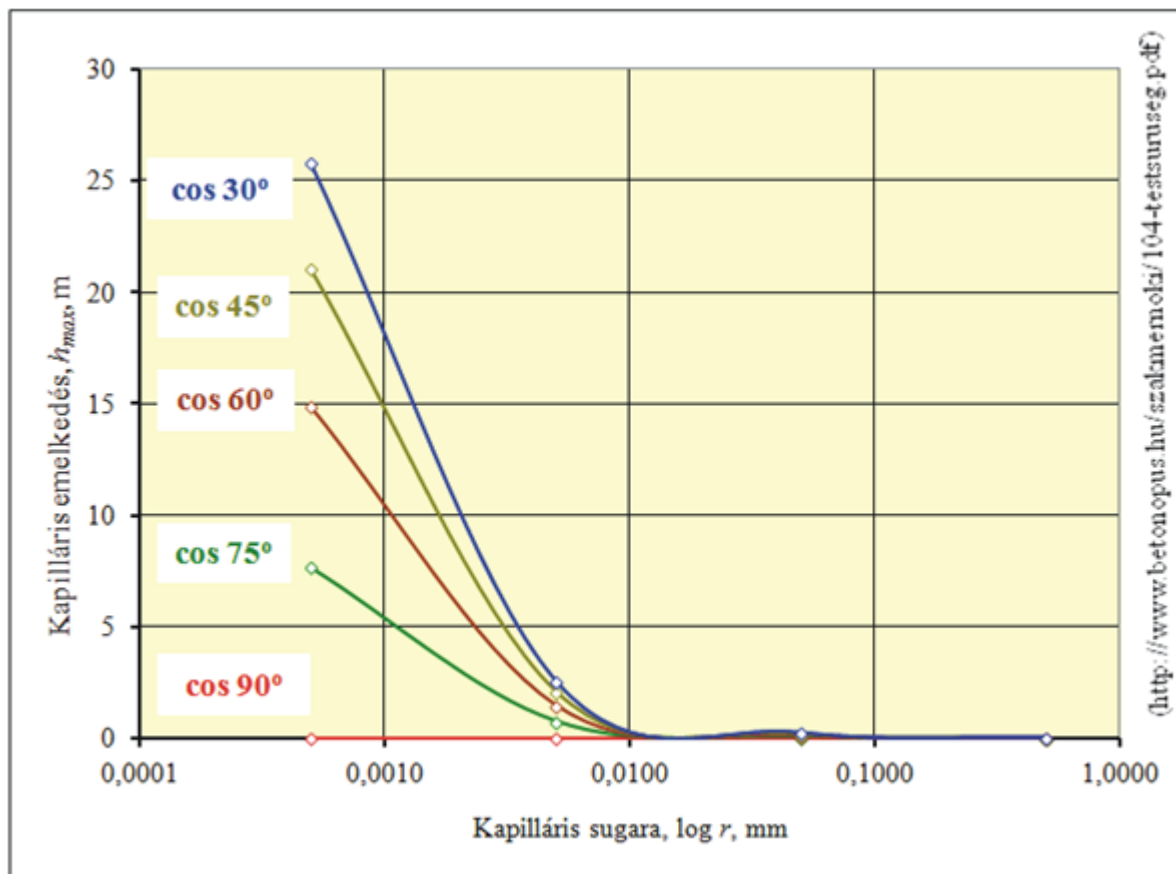
ahol:

$\sigma_{\text{víz}}$ = a víz felületi feszültsége [N/m],

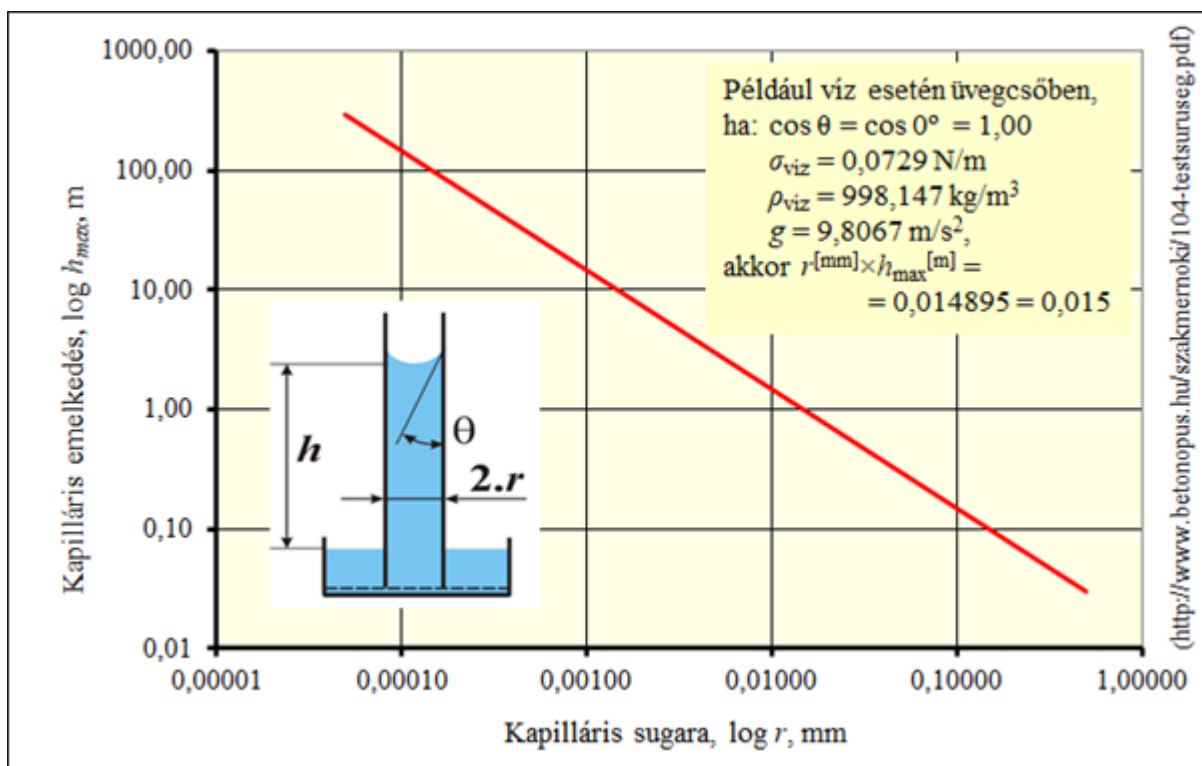
θ = a nedvesítési (illeszkedési) szög,

$\rho_{\text{víz}}$ = a víz t hőmérséklettől függő sűrűsége [kg/m³],

g = a nehézségi gyorsulás [m/s²].



1.5.K1. ábra: A víz kapilláris emelkedése a kapilláris sugár és a nedvesítési szög függvényében (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/104-testsuruseg.pdf>)



1.5.K2. ábra: Kapilláris vízfelszívás üvegcsőben (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/104-testsuruseg.pdf>)

A kapilláris vízfelszívás törvényszerűségeit például *Kropp és Hilsdorf* (*Kropp et al.*, 1995) tanulmányozta. Hazánkban az acélszál-erősítésű ipari padlók betonjainak kapilláris vízfelszívását legutóbb *Szagri Dóra* (2015), a kohósalak-tartalmú cementekkel készített habarcsok kapilláris vízfelszívását *Kaszás Árpád* (2022) vizsgálta.

Lásd még: Diffúzió, Hidrodinamikai permeabilitás, „Huckepack-transport”, Kapilláris vízfelszívási együttható, Nedvesítési szög, Víz felületi feszültsége

Kapilláris vízfelszívási együttható, vízfelvételi együttható

Az A_w kapilláris vízfelszívási együttható a felszívott víz vagy folyadék Δm tömegével [g], illetve [kg] vagy térfogatával [m³] egyenesen, a vízfelszívás t idejének négyzetgyökével [$\sqrt{s}$], illetve [$\sqrt{h}$] és a vízfelszívás A felületével [m²] fordítottan arányos:

$$A_w = \frac{\Delta m}{\sqrt{t}} \times \frac{1}{A} = \frac{\Delta m}{A} / \sqrt{t}$$

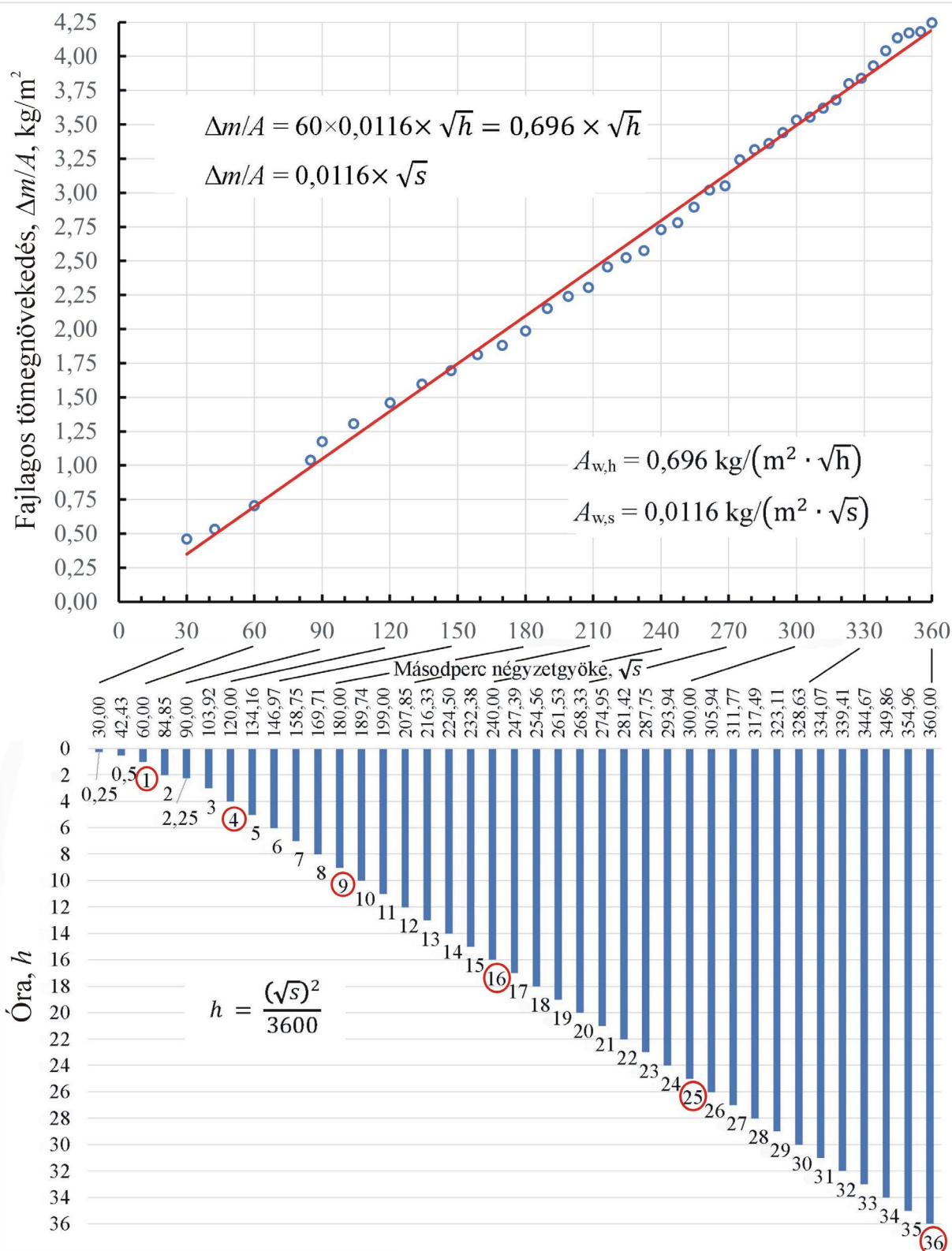
Növekvő kapilláris porozitás mellett, azaz növekvő víz-cement tényező, kisebb hidratáció fok, valamint fokozottabb mikro-repedezettség esetén a kapilláris vízfelszívási együttható értéke és a vízfelszívási sebesség növekszik. A beton nedvességtartalmának növekedésével a kapilláris vízfelszívási együttható csökken, és a telítettséghez közel nullához tart (*Müller et al.*, 2016).

A kapilláris vízfelszívási együttható (A_w) mértékegysége: g/(m²· $\sqrt{s}$), kg/(m²· $\sqrt{s}$), illetve kg/(m²· $\sqrt{h}$), vagy m³/(m²· $\sqrt{s}$).

A kg/(m²· $\sqrt{h}$) – kg/(m²· $\sqrt{s}$) mértékegység átváltásának képlete: kg/(m²· $\sqrt{h}$) = 60 kg/(m²· $\sqrt{s}$), illetve kg/(m²· $\sqrt{s}$) = 0,0167 kg/(m²· $\sqrt{h}$).

Az $x = \sqrt{t}$ abszcisszájú és $y = \Delta m/A$ ordinátájú koordináta-rendszerben a kapilláris vízfelszívási együttható az x, y vizsgálati pontokra fektetett egyenes iránytangense, például, ha $\Delta m/A = 4,176$ kg/m² és $t = 36$ óra, akkor $A_{w,h} = 4,176/6 = 0,696$ kg/(m²· $\sqrt{h}$), illetve kg/(m²· $\sqrt{s}$)

mértékegységben kifejezve: $t = 36 \times 3600 = 129600$ másodperc és $A_{w,s} = 4,176/360 = 0,0116$ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{s})$, ahogy az 1.5.K3. ábrán látni.



1.5.K3. ábra: Példa a kapilláris vízfelszívási diagramra (felül) és az óra (h) - másodperc négyzetgyöke ($\sqrt{s}$) átváltási diagram (alul)

Az építőanyagok vízfelszívási együtthatóját (vízfelvételi együtthatóját) MSZ EN ISO 15148:2003 szabvány szerint határozzuk meg. Az MSZ EN ISO 15148:2003 szabvány 6.5. szakaszában azt írják, hogy a vizsgálat előtt a próbatesteket vizsgálati körülmények között addig

kell tárolni, amíg az egyes próbatestek tömege a teljes tömegük 0,1%-ára vonatkoztatva 24 órán keresztül változatlan nem lesz. Ezt a szabvány 1. táblázata alapján úgy értelmezzük, hogy a vizsgálati próbatestek *légszáraz állapotban*, 23 ± 5 °C hőmérsékleten, általában $(50 \pm 5)\%$ relatív páratartalmú légtérben vizsgálandók. A hőmérséklet megengedett ingadozása a vizsgálat alatt ± 2 °C, a relatív páratartalomé $\pm 5\%$.

A nedvességtartalmat kiszáritott próbatesten (at Elevated Temperature = nagyobb hőmérsékleten) az ISO 12570:2018 szabvány szerint kell vizsgálni.

Zürcher és társa szerint a vízfelszívási együttható (németül: Wasseraufnahmekoeffizient) építőanyagok esetén általában az 1.5.K1. táblázat szerinti értékeket veheti fel (Zürcher et al., 2018).

1.5.K1. táblázat: Építőanyagok vízfelszívási együtthatója (Zürcher et al., 2018)

Material	Rohdichte kg · m ⁻³	w kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Backstein	1'150	8 bis 9
Kalksand- stein	1'650	ca. 7,5
Gasbeton	640	5 bis 8
Beton	ca. 2'400	1
Kalkzement- putz	1'900	ca. 2,5
Kunststoff- dispersion	-	ca. 0,15

Tabelle 3.7: Wasseraufnahmekoeffizient w ausgewählter Baustoffe

Néhány építőanyag testsűrűsége (Rohdichte) és vízfelszívási együtthatója (w)

stark saugend	w > 2,0	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
wasserhemmend	w ≤ 2,0	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
wasserabweisend	w ≤ 0,5	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
wasserdicht	w ≤ 0,001	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Anmerkung: wasserdicht bedeutet nicht gleichzeitig dampfdicht!		

Tabelle 3.8: Charakterisierung von Baustoffen anhand der Wasseraufnahmefähigkeit im Hinblick auf Kontakt mit flüssigem Wasser

Mozgásban lévő vízzel érintkező építőanyagok vízfelszívási képességének jellemzése a vízfelszívási együtthatóval (w)

Elgondolás volt, hogy az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolható a nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betonja, ha az MSZ EN ISO 15148:2003 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója (kapilláris vízfelszívási együtthatója, water absorption coefficient) $W_{wt} \leq 2,0$ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$. Ilyen például a talajnedvességnek, talajpárának kitett, talajvízszint felett fekvő

alapozás vagy pincefal, vagy olyan mélygarázs, amelynek környezetében például vízfelszívással, talajvíz-mentesítéssel (drénezés) tartósan megszüntették a víznyomást.

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton nem vízzáró, ezért a szerkezeti elem vastagságának és a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés MSZ EN ISO 17892-11:2019 szabvány szerinti (*Darcy*-féle) vízáteresztő-képességének mértékétől, illetve az utóbbi időbeni változásától, valamint a vízszint nem várt emelkedésétől függően átnedvesedhet.

A falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm, a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés ajánlott, MSZ EN ISO 17892-11:2019 szabvány szerinti vízáteresztési együtthatója legalább $k = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Az esetleges átnedvesedés ellen az építető saját költségén belső (légtér felőli) víztaszító vakolattal védekezhet, például:

- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $W_{wt} \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$, akkor ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;
- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $0,5 < W_{wt} \leq 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$, akkor nyomatékkal ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolt beton összetétele feleljen meg az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány NAD F1. táblázata előírásának.

Megjegyzés: 2023-ig az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a talajban, nedves, de víznyomás nélküli környezetben lévő beton (könyvünk szerinti jele: V0-beton) – szigorúbb (beton esetén legfeljebb 6 tömeg%, vasbeton esetén legfeljebb 4 tömeg%, feszített vasbeton esetén legfeljebb 2 tömeg% vízfelvétel), de teljesíthető feltétellel (*Erdélyi et. al., 2018*) – az önálló XV0(H) környezeti osztályba tartozott.

Erdélyi Attila professzor szerzőtársaival 2018-ban a következőket írta: „A fokozatos víztelítés az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint mérve négy próbatesten átlagosan 0,96 tömeg%-ra adódott. A térfogatos vízfelvétel a beton testsűrűségével ($2,4 \text{ kg}/\text{dm}^3$) számolva $2,4 \times 0,96 = 2,3$ térfogat%, amely igen kedvezően kis érték.” Ezt az eredményt *Erdélyi Attila* és szerzőtársai $280 \text{ kg}/\text{m}^3$ cement-tartalmú, $29 \text{ kg}/\text{m}^3$ metakaolin ($k = 1$) adagolású, $x_{eq} = 122/(280 + 29) = 0,395$ víz-kötőanyag tényezőjű, 16 mm legnagyobb szemnagyságú, *Fuller*-görbét követő homokos kavics adalékanyagú betonnal érték el.

Hazánkban az acélszál-erősítésű ipari padlók betonjainak kapilláris vízfelszívási együtthatóját legutóbb *Szagri Dóra* (2015), a kohósalak-tartalmú cementekkel készített habarcsok kapilláris vízfelszívási együtthatóját *Kaszás Árpád* (2022) vizsgálta.

Szagri Dóra azt találta, hogy a vizsgált acélszál nélküli, $320 \text{ kg}/\text{m}^3$ CEM II/B-S 42,5 N kohósalak-portlandcement-tartalmú, 4,78% látszólagos porozitású referencia beton feltehetőleg 24 órás korig vizsgált kapilláris vízfelszívási együtthatója $A_w = 0,0069 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{s}) = 60 \times 0,0069 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{óra}}) = 0,414 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{óra}})$.

Kaszás Árpád vizsgálata szerint az $x = 0,43$ víz-cement tényezővel, CEM II/B-S 42,5 R kohósalak-portlandcementtel, mind kiegészítőanyag nélkül, mind II. típusú rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyaggal készített, légszáraz állapotú, 36 órás korig vizsgált cementhabarcs próbahasábok kapilláris vízfelszívási együtthatója kisebb, mint $W_{w,36} = 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{óra}})$, a 60 °C hőmérsékleten tömegállandóságig kiszáritott habarcs próbahasábokon mért kapilláris vízfelszívási együttható pedig kisebb, mint $W_{w,36} = 1,8 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{óra}})$.

Lásd még: Kapilláris vízfelszívás

Karakterisztikus érték

Lásd: Jellemző érték

Karbon

Szén, mint kémiai elem, jele: C. A kémiai elemek periódusos rendszerében a szén rendszáma: 6. Az elnevezés a latin *caboneum* vagy *carbonium* szóból ered.

Karbonát-keményység

Lásd: Vízkeményiség

Karbonátosodás

Angolul: Carbonation

Németül: Carbonatisierung, Karbonatisierung

A karbonátosodás a levegővel érintkező beton szabad kalcium-hidroxid (Ca(OH)_2 , portlandit) tartalmának a levegőben lévő szén-dioxid (CO_2) hatására kalcium-hidrokarbonáttá $\text{Ca(HCO}_3)_2$, majd kalcium-karbonáttá (CaCO_3) – *Grofcsik János* szerint aragonittá – alakulása folyamatának az elnevezése:



A karbonátosodásnak tömörség- és szilárdságnövelő hatása van, miközben a karbonátosodás előrehaladtával a beton pH-értéke csökken és a vasbetonszerkezetek acélbetéteit a korróziótól védő lúgos kémhatása gyengül, esetenként megszűnik.

A kívülről befelé lassan haladó karbonátosodás mértéke lényegében a beton porozitásától, utókezelésétől és a környezeti körülményektől (levegőnek a beton nedvességtartalmát befolyásoló relatív páratartalma) függ. A levegő 50-70% közötti relatív páratartalma gyorsítja a karbonátosodás előrehaladtát; száraz levegőben (30% alatti relatív páratartalom mellett) a beton nem karbonátosodik. Ha csökken a relatív páratartalom, akkor a karbonátosodás később éri el az acélbetétet, mert a szén-dioxid (CO_2) diffúziója egyre nehezebbé válik. A teljesen víz alatt lévő beton karbonátosodása a levegőhiány folytán elhanyagolható. Az esőnek kitett beton kétszer-háromszor lassabban karbonátosodik, mint a szabadban esőtől védett helyen lévő beton, mert az esővízzel teli pórusok a szén-dioxid beton belsejébe jutását megnehezítik. A kezdeti felületi gyors karbonátosodásnál a beton belsejében 20...30 év múlva zajló karbonátosodás lassabb; a karbonátosodás csak azután halad a betonban befele, miután a helyi mészhidrát (Ca(OH)_2) már karbonátosodott. Míg a kis víz-cement tényező (kis víz-kötőanyag tényező) és a nagy cementtartalom a karbonátosodás ellen hat, addig a nagy szén-dioxid tartalom és a nagy átlagos hőmérséklet, így például a sűrűn lakott vagy iparosodott környezet a karbonátosodást elősegíti. (*Benedix*, 2008)

A beton karbonátosodásával például *Hunkeler* et al. (1994, 1998, 2012, 2019), *Krenkler* (1980), *Stark* et al. (2013) is mélyrehatóan foglalkozott.

Az 1990-2000 évek közötti műegyetemi légkör-szennyeződési betonkorrózió kutatás során *Balázs György* és *Deméné Csányi Erika* is vizsgálta a beton karbonátosodását, négy hónapon át 4-8 térfogat% koncentrációjú szén-dioxid térben tárolt próbatesteken. A karbonátosodás mértékét az 500 és 900 °C hőmérséklet közötti – derivatográfiás módszerrel meghatározott – tömegveszteséggel jellemezték. Megállapították, hogy a felső 5 mm vastag rétegben a tömegveszteség (átlagban mintegy 7,0 tömeg%) a 25-40 mm-es mélységben mért tömegveszteségnek (átlagban mintegy 4,5 tömeg%) mintegy másfélszerese volt.

Az acélbetétet is tartalmazó C12 és C20 nyomószilárdsági osztályú (MSZ 4719:1982) betonpróbahasábok 25-40 mm-es mélységében lévő réteg 11,60-12,45 pH-értéke a felső 5 mm vastag rétegben 9,31-10,21 pH-értékre csökkent. A vizsgálat után kettéhasított C12 nyomószilárdsági osztályú próbahasábokban lévő acélbetéteken rozsdanyomokat is találtak. (*Balázs* 2010)

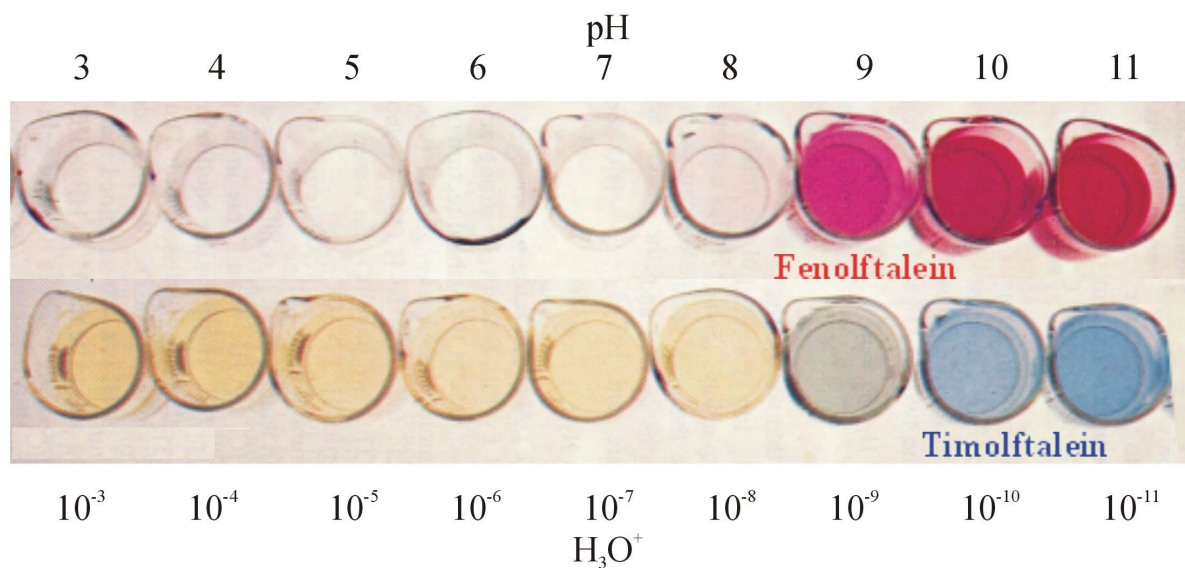
A beton karbonátosodásából eredő acélbetét-korrózió veszélye tömör és megfelelő XC környezeti osztályú beton (MSZ 4798:2016) készítésével, valamint kellő mértékű betonfedés alkalmazásával csökkenthető.

A karbonátosodási mélységet olyan nagy pontosságú módszerek, mint a röntgendiffraktometria, a polarizációs mikroszkópia és az IR-spektroszkópia (infrared spectroscopy) mellett, kémiai-analitikai módszerrel is meg lehet határozni. Kvantitatív (mennyiségi) módszer a sav-bázis-titrálásos OH^- -ion koncentráció meghatározás is pormintán vagy extraktumon. (Benedix, 2008)

A karbonátosodás kvalitatív (minőségi) kimutatásának nagyon egyszerű eszköze a sav-bázis-indikátoroldat, mint például az MSZ EN 14630:2007 szabvány alapján gyakran alkalmazott fenolftalein-oldat, amellyel a beton vagy habarcs friss törésfelületét kell beecsetelni, bepermetezni. A megszilárdult beton karbonátosodási mélységét – 70 ml etil-alkoholban oldott 1,0 g fenolftalein és desztillált vagy ionmentes vízzel 100 ml-re hígított – fenolftalein-oldatos ecseteléssel az MSZ EN 14630:2007 szabvány szerint lehet meghatározni.

A karbonátosodott felület színe a fenolftalein-oldatos ecseteléssel, permetezéssel nem változik meg, a nem-karbonátosodott felület színe viola-pirosra változik: a mintegy 8,3-10,0 pH-értékű felületre ecsetelt, permetezett alkoholos fenolftalein-oldat színe viola-piros, pH = 8,3 érték alatt pedig nem színeződik el. (Balázs L. – Kausay et al., 2017)

A karbonátosodás kimutatására a timolftalein-oldat alkalmasabb, mint a fenolftalein-oldat, mert a timolftalein-oldat színe mintegy 9,3-10,5 pH-érték között változik kékre. A karbonátosodás kezdetéhez mintegy pH = 9,2 érték tartozik (1.5.K4. ábra)



Ebbing, Darell D. - Gammon, Steven D.: General Chemistry.
9 th. Houghton Mifflin Company. Boston - New York, 2009.

1.5.K4. ábra: A fenolftalein és a timolftalein sav-bázis-indikátoroldat színváltozása (Ebbing et al., 2009)

Az MSZ EN 12390-12:2020 szabványban mesterségesen gyorsított karbonátosodást okozó módszert (accelerated carbonation test, accelerated carbonation method) alkalmaznak a betonkeverékek karbonátosodási hajlamának próbatesteken való megítélésére. A vizsgálathoz MSZ EN 12390-2:2019 szabvány szerint készített, 28 napon át utókezelt betonpróbakockákra, betonpróbahasábokra vagy betonpróbahengerekre van szükség, amelyeket az utókezelés után 14 napig laboratóriumi szobalevegőn kell tárolni. Ezt követően a próbatestek 70 napos szén-dioxid (CO_2) kezelésre olyan szén-dioxid-szekrénybe kerülnek, amelyben a próbatestek behelyezése előtt és a vizsgálat után 20 ± 2 °C hőmérsékleten a levegő relatív páratartalma $(57 \pm 3)\%$, és amelyben az áramoltatott levegő szén-dioxid-koncentrációját $3,0 \pm 0,5$ térfogat% értékre lehet beállítani. A szén-dioxid-szekrényes 7, 28 és 70 napos öregítési ciklusok után a

próbatestekből szabályozottan hasított friss felületeken meghatározott időn belül – előírt összetételű fenolftaleines vagy más 8 és 11 pH-érték között színét változtató indikátor-oldat (például timoftalein-oldat) segítségével – legalább 12 ponton meg kell mérni a karbonátosodási mélységet. A csonka próbatesteket további karbonátosodási öregítésre haladéktalanul vissza kell tenni a szén-dioxid-szekrénybe. A mért karbonátosodási mélységek átlagát (ordinátatengely) $\sqrt{\text{napokban kifejezett idő}}$ beosztású abszcisszatengely felett koordináta-rendszerben kell ábrázolni, majd a koordinátrapontokra regressziós egyenest kell fektetni:

$$d_k = a + K_{AC} \times \sqrt{t}, \text{ ahol:}$$

d_k = a t időhöz tartozó karbonátosodási mélység mm mértékegységben;

K_{AC} = a karbonátosodási sebesség $\frac{\text{mm}}{\sqrt{\text{nap}}}$ mértékegységben;

t = a szén-dioxid kezelés ideje nap mértékegységben.

A korrelációs együttható négyzete $R^2 \geq 0,95$ legyen. Az MSZ EN 12390-12:2020 szabvány szerinti teljes vizsgálat legalább 112 napig tart. Általános (nem különleges) betonösszetételek esetén a karbonátosodási mélység 70 napos öregítés után várhatóan legalább 4 mm; a kisebb érték azt jelzi, hogy a beton jól ellenáll a karbonátosodásnak.

Az MSZ EN 12390-12:2020 szabvány szerinti módszer a meglévő szerkezetek betonja karbonátosodási mélységének meghatározására nem alkalmas.

Megjegyzés: A karbonátosodási sebesség (együttható, ráta) jele a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban: K_N .

A levegő szén-dioxid (CO_2) tartalma okozta beton-karbonátosodás felgyorsításának betonelemgyári lehetőségét szén-dioxid kezeléssel kombinált gőzölési és autoklávolási kísérletekkel Székely Ádám¹⁰⁷ vizsgálta (1955), és kutatási eredményeit kandidátusi értekezésében foglalta össze (1961).

Megállapította, hogy megfelelő időben kezdett szén-dioxid kezeléssel – a cement fajtájától, a próbatest nedvesség-tartalmától, az utókezeléstől függő mértékben – a próbatestek nyomószilárdsága jelentősen növelhető, a gőzölt próbatestek egyébként fellépő nyomószilárdság-vesztesége pedig pótolható. A hajlító-húzószilárdság növekedése a nyomószilárdság növekedéséhez képest kisebb. A próbatestek szilárdságának növekedése a szén-dioxid kezelés hatására a próbatestek méretével fordított arányban állt. A szén-dioxid kezelésnek a habarcs- és betontömörség fokozásán túl másodlagos szerepe, hogy a gyorsított karbonátosodás kémiai reakciója alatt képződő víz mintegy utókezelésként elősegíti a klinkerásványok hidratációját.

Székely Ádám kísérleti eredményei szerint a szén-dioxid kezelés a közönséges cementekkel készült próbatestek szulfátállóságára kedvező, de a szulfátálló cementekkel készült próbatestek szulfátállóságára kedvezőtlen hatású. A szén-dioxid bauxitbeton kezelésére alkalmatlan.

¹⁰⁷ Székely Ádám (1923, Pálosvörösmarton – 2007, Budapest) okl. építészmérnök. A diploma megszerzése után az ÉTI Építéstudományi Intézet Gáspár Géza vezette Betontechnológiai Osztályán dolgozott, ahonnan az 1953-ban alapított ÉaKKI Építőanyagipari Központi Kutató Intézetbe került. Itt főnöke Soltész Gáspár volt, akiről nem tudjuk, hogy azonos-e a BME-n és Bécsben tanult Soltész Gáspár (1901, Budapest – 1984, Tapolca) vegyészmérnökkel, aki a Magyar Életrajzi Lexikon (1981-1982) szerint műfordítóként is nevet szerzett magának. Székely Ádámot 1959. július 1-jével nevezték ki az ÉaKKI akkor létrehozott Betonosztályának vezetőjévé, amely feladatot az utód szervezet, a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Betonosztályának élén nyugdíjba vonulásáig (1982. december 31.) ellátta. A műszaki tudományok kandidátusa fokozatot 1961-ben nyerte el. Kutatómunkájáról dr. Balázs Györgynek a kutatás történetét összefoglaló könyve (2004) alapján alkothatunk képet. Első publikációja 1957-ben, és a továbbiak a Magyar Építőipar című, később az Építőanyag című szilikátipari folyóiratban jelentek meg. Az Építőanyag című folyóiratot 1978-1984 között felelős szerkesztőként gondozta. A Mérnöki Továbbképző Intézetben 1959-1962 között tartott előadásokat. 1971-1975 között az Ybl Németül: Miklós Műszaki Főiskolán az Építőanyagok című tárgy előadója volt (Balázs, 2001).

Székelly Ádám kandidátusi értekezésének betonkorróziós vizsgálatok végzése, a beton pH-értéke csökkenésének mérése, esetleges acélbetét-korrózió megfigyelése nem képezte tárgyát. Lásd még: Aragonit, Acélbetét korróziója, Betonfedés, Fenolftalein-oldat, Hidrogénion-koncentráció, Környezeti osztály, Titrálás

Karbonátosodási ráta, karbonátosodási sebesség

Angolul: Carbonation rate

Németül: Carbonatisierungsrate

Ajánlott irodalom: *Hills et al.*, 2015.

Lásd: Karbonátosodás

Karbonbeton

A karbonbeton a szénszáltexilbeton (karbontexilbeton, karbonszövetbeton) és a karbonrúdbeton összefoglaló elnevezése. Karbonbetonon sokszor – főképp, ha vasbetonszerkezetek karbonszövetbetonos megerősítéséről van szó – a szénszáltexilbetont értik.

A hosszú szénszálak alkotta szénszáltexillel (karbonszövettel) vagy szénszálrudakkal (karbonrudakkal) erősített karbonbeton nem tévesztendő össze a szénszál-erősítésű betonnal (angolul: carbon fiber reinforced concrete, CFRC).

Lásd még: Szénszáltexilbeton

Karbonrúdbeton

Meg kell írni.

Karbonszövetbeton, karbontexilbeton

A hosszú szénszálak alkotta szénszáltexillel (szénszálszövettel, karbonszövettel, karbontexillel) erősített szénszáltexilbeton (karbonszövetbeton, karbontexilbeton) nem tévesztendő össze a szénszál-erősítésű betonnal (angolul: carbon fiber reinforced concrete, CFRC).

A karbonszövetbeton (karbontexilbeton) kifejezést a karbonbetonok másik fajtájától, a karbonrúddal (angolul: carbon fiber rod, németül: Kohlefaserstab, Kohlenstofffaserstab) erősített karbonrúdbetontól való megkülönböztetésül alkalmazzák.

A karbonszövetbetont (karbontexilbetont) magyarul szénszáltexilbetonnak nevezzük, és a tulajdonságait e könyvben a „szénszáltexilbeton” címszó alatt tárgyaljuk.

Lásd még: Szénszáltexilbeton

Karbonizálás, karbonizáció, karbonatizálás, karbonatizálódás

A karbonizálás savas tisztítási eljárás a növényi eredetű anyagok eltávolítására a nyersgyapjából; következésképpen helytelen, nem szerencsés a beton karbonátosodását karbonizálásnak, karbonizációnak, karbonatizálásnak, karbonatizálódásnak nevezni.

Kation

A kationok pozitív töltésű ionok, amelyek vizes oldatban villamos áram hatására a katódhoz vándorolnak. Ide tartoznak elsősorban a szabad fém- és ammóniumionok (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982).

Például:

- a nátriumatomból egy elektron felszabadításával egyszeresen pozitív töltésű nátriumion jön létre. Az elektron-hiány folytán a nátriumion kation:



- a magnéziumatomból két elektron leadásával kétszeresen pozitív töltésű magnéziumion, kation keletkezik:



- az alumíniumatomból három elektron elvesztésével háromszorosan pozitív töltésű alumíniumiont, kationt kapunk:



Lásd még: Katód, Elektrolitos disszociáció, Anion

Kationcsere

A kationcsere a kolloidok (például bentonitok) pozitív jellemű ionjainak kicserélődét jelenti (MSZ 17746:1953 R, R → ajánlott szabvány).

Lásd még: Bentonit, Ion-kicserélő-képesség, Kolloid

Katód

A katód negatív töltésű elektród (negatív pólus). Az elektrolitban az áram áthaladásakor a pozitív töltésű kationok a katódhoz vándorolnak, ott elvesztik töltésüket, ami egyes esetekben katódos redukcióhoz vezet. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

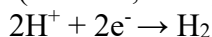
Lásd még: Anód, Elektrolitos disszociáció, Kation, Katódos redukció

Katódos redukció, katódos folyamat

A redukciós folyamatokat, amelyek elektron felvétellel járnak, az elektrokémiában katódos folyamatnak nevezik.

Katódos redukció az elektrolízis-áramkör katódján végbemenő folyamat, elektronátmenet a redukálható molekulához. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

Katódos redukció, katódos folyamat például a hidrolízissel nyert protonok redukálódása hidrogénné; mint például a hidrogén-fejlődés a vasbetonok acélbetéteinek elektrokémiai *hidrogénes korróziója* esetén a katódon (*Benedix*, 2008), (*Ch. Fischer*, 2012):



A katódos redukció ellentéte az anódos oxidáció. (*Neumüller szerk.*, 1. kötet, 1981)

Lásd még: Katód, Elektrolízis, Anódos oxidáció

Kaucsuk

Kaucsuknak a makromolekulájú, nagymértékben képlékeny természetes vagy mesterséges (szintetikus) anyagokat nevezik, amelyek vulkanizálással igen rugalmas és szerves oldószerekben oldhatatlan anyaggá, gumivá válnak. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

Más megfogalmazásban a kaucsuk egyes növények tejnedvéből (latexből) nyert vagy vegyileg készített, bonyolult összetételű rugalmas anyag, amely a gumi alapanyaga.

Lásd még: Elasztomer, Gumi, Vulkanizálás

Kavaróberendezéses gépkocsi

A már megkevert friss betont szállítás közben egynemű állapotban tartani képes, de a beton megkeverésére alkalmatlan berendezéssel rendelkező gépkocsi. Napjainkban már nem használatos.

Kálium-dikromátos vagy kálium-bikromátos kémiai oxigénigény (szinonima)

Lásd: Dikromátos kémiai oxigénigény, Kémiai oxigénigény

Kálium-permanganátos kémiai oxigénigény

Lásd: Kémiai oxigénigény

Káros vegyi hatások a betonra

*Gáspár Géza*¹⁰⁸ (1947) főmérnök szerint „a betonra káros vegyi hatások akkor és csakis akkor jöhetnek létre, ha a romboló hatású anyag cseppfolyós halmazállapotú, illetve, ha ez valamilyen folyadékban oldva jut a betonhoz. Szilárd halmazállapotú anyagok, úgyszintén a száraz gázok vagy gőzök hatástalanok. A káros hatást leggyakrabban a vizes oldatok okozzák.” Például a száraz kénhidrogén gáz önmagában nem káros a betonra, de a levegőn, illetve nedvesség hatására korrozív kénsavvá alakul. Ha a kénhidrogén gáz behatol a betonba, akkor ez a folyamat a beton tömörségétől, nedvességtartalmától függően a beton kapillárisaiban is lejátszódhat, és ez esetben a kénhidrogén már romboló hatású.

Keil-Rankin-diagram

Lásd: Gibbs-háromszög, Rankin-diagram

Keményedés

Angolul: Stiffening

Németül: Ansteifen

- *Cementpép keményedése*: A cementpépben – a víznek a cementhez adása és a kötési idő kezdete között – lejátszódó hidratációs folyamat.
- *Friss beton keményedése*: A friss betonban – a beton megkeverése és a megrendelőnek való átadása között – lejátszódó konzisztencia-változási folyamat.

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, Friss beton eltarthatósága

Keményység

Kemény görögül: σκληρός (scleros)

¹⁰⁸ *Gáspár Géza* (1891, Székesfehérvár – 1958, Budapest) okl. vegyészmérnök, fővárosi műszaki főtanácsos. 1927-1947 között Budapest Székesfőváros Anyagvizsgáló Laboratóriuma Mechanikai Osztályának, majd 1947-től az abból alakult Építéstudományi Intézetbeli Mechanika, és 1953-tól 1958-ig Építőanyagok Osztálynak volt a vezetője. Tanítómestere volt a kezei alatt dolgozó fiatal *Kunszt Györgynek, Ujhelyi Jánosnak, Popovics Sándornak, Székely Ádámnak, Buday Tibornak*, akik a XX. század második felének jelentős betonkutatóivá váltak. *Gáspár Géza* a kedvezőtlen tapasztalatok alapján az 1930-as évek végén elkezdte a szulfáttartalmú talajok és talajvizek károsító hatásainak ellenálló betonok vizsgálatát és kutatását, együttműködve *dr. Biczók Imrével* (*Balázs*, 2004), akinek „Betonkorrózió, betonvédelem” című könyvét a Magyar Építőipar című folyóirat 1957. évi 5-6- számának 237. oldalán méltatta. Tanulmányai, írásai jelentek meg az Anyagvizsgálók Közleményében (*Gáspár*, 1935), (*Tóth*, 2012), 1949-ben a cementek gőzölhetőségéről az MTA Építéstudományi Közleményekben, 1952-1953-ban ÉTI kutatási jelentésként a földalatti vasúti tübbingek gőzölhetőségéről (*Palotás*, 1961, 1980), a betonkorrózióról a *dr. Palotás László* szerkesztette „A vasbeton” című könyvben (*Gáspár*, 1947), a „Mérnöki Kézikönyv” Első sorozat. I. kötetében (*Gáspár*, 1955), a „Műszaki Értelmező Szótár 1. Építőanyag” című könyvben (*Palotás*, 1958), a *Böröcz Imre* által szerkesztett „Feszített betonszerkezetek” című könyvben (*Böröcz*, 1952). *Gáspár Géza* trasz kiegészítőanyagok betonokkal végzett és bauxitbeton tárgyú kísérleteit *dr. Palotás László* (1952) is említette. Jegyzete jelent meg a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézetének kiadásában (*Gáspár*, 1942). Résztvételével készült például az Építéstudományi Intézet „A téli építkezés” című kiadványa (1948), az MI-7-54:1961 számú „Műszaki irányelv a beton gőzölésére”, az ME-35:1958 számú „Műszaki előírás az agresszív vizek és talajok vizsgálatára és a velük érintkező betonok, vasbetonok és falazatok tervezésére és kivitelezésére”.

A keménység a szilárd anyagok, mint például az ásványok, kőanyagok, acélok, öntöttvasak, betonok, faanyagok, természetes kaucsukok, gumik, műanyagok, bőrök mechanikai tulajdonságait kifejező fogalmak egyike.

A régi lexikonok megfogalmazása szerint „a keménység az ásványnak az a tulajdonsága, hogy a nálánál puhább ásványt megkarcolni képes.” (A Pallas Nagy Lexikona. X. kötet. Budapest, 1895), vagy „a keménység az az ellenállás, amelyet az ásvány akkor fejt ki, ha legkisebb részecskéit egymástól el akarjuk távolítani. A keménységet úgy szoktuk meghatározni, hogy valami hegyes acéltűvel vagy valami ásvány hegyes szilánkjával igyekezzünk a vizsgálandó ásványba behatolni, illetve azt megkarcolni. A keménység értékének abszolút pontos meghatározása sok nehézségbe ütközik. A legfőbb nehézség abban rejlik, hogy a keménység szorosan összefügg a kristály szimmetriájával: a kristály különböző lapjain, sőt ugyanazon lapon, de különböző irányokban a keménységre más-más értéket kapunk, ami mindig a kristály szimmetria-viszonyaitól függ.” (Révai Nagy Lexikona. XI. kötet. Budapest, 1914.)

Gillemot László professzor szerint „a koptató hatással szembeni ellenállás szempontjából a szerkezeti anyag egyik legfontosabb sajátsága a keménység. Általában egy tárgy keménységét azon az alapon szokás mérni, hogy milyen ellenállást tanúsít egy beléje nyomott tárggyal szemben. A keménységmérésnek ezeket a módszereit *szűrő keménységmérésnek* nevezik. A keménységmérés más módszerei azon alapszanak, hogy a keménység és rugalmasság egymással közel arányos mennyiségek, tehát valamely tárgynak a mérendő testről való visszapattanása a keménység mérőszámául is felhasználható. Ezek az úgy nevezett *dinamikus keménységmérési módszerek*.” (*Gillemot, 1972*)

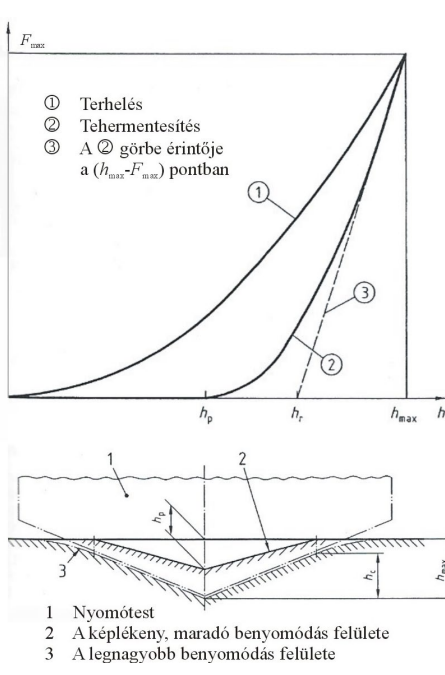
„A keménység annak az ellenállásnak *önkéntesen definiált* mértéke, amelyet a szilárd anyag idegen testek behatolása, karcolása ellen kifejt. A keménység a gyakorlati szilárd anyagoknak fontos tulajdonsága, ennek megfelelően számos keménységi skála alakult ki, amelyek segítségével az egyes anyagok tapasztalati úton rangsorolhatók. A legismertebbek a karcoláson alapuló *Mohs*-skála és az adott erőhatásra létrejövő benyomódást felhasználó *Brinell*, *Vickers*, *Rockwell* stb. keménységi mérőszámok” – írták 1977-ben a Fizikai Kislexikonban (*Szilágyi M. főszerk., 1977*).

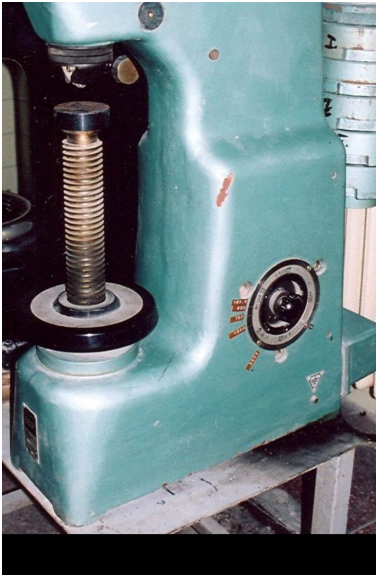
Szűrő, azaz *statikus keménységméréssel* csak a maradó (képlékeny) alakváltozással arányos benyomódási nyom határozható meg. A benyomóerő nagyságától függően megkülönböztetik a *makrokeménységet* (ha a benyomóerő $F > 30$ N), a *közepes keménységet* (ha az F benyomóerő 2-30 N közé esik) és a *mikrokeménységet* (ha a benyomóerő $F < 2$ N). A statikus keménységmérési eljárások közé tartozik a fenn már említett *Brinell*-, *Vickers*- és *Rockwell*-féle mérés, amelyek alkalmazásának eszközei *helyhez kötött laboratóriumi berendezések*.

Dinamikus mérés során a benyomófejet meghatározott távolságból, mozgási energiával a vizsgálandó anyaghoz ütik, ill. az anyagra ejtik, és mérik a visszapattanást vagy az ütőgolyó nyomának átmérőjét. Dinamikus méréssel elsősorban csövek, turbinatengelyek, kovácsolt acél keménységét határozzák meg. *Dinamikus keménységmérési eljárások* közé tartozik a *Shore*-keménység (például szklerográf nevű készülék), az *ingás keménység*, az *ütőkeménység* (*Poldi*-kalapács) mérési módszere, a *Cristofoli*-féle ejtőorsós módszer. Elvileg ide lehetne sorolni a betonok roncsolásmentes szilárdság vizsgálatára használt *Schmidt*-kalapácsos módszert is. A dinamikus keménységmérés eszközei helyszíni vizsgálatokra is alkalmas, *hordozható készülékek*.

A mintegy százötven ismert keménységmérési módszer közül az érdeklődési körünkbe eső legfontosabb keménységmérési eljárások bevezetésének időbeli sorrendjét az 1.5.K2. táblázatban állítottuk össze.

1.5.K2. táblázat: A legfontosabb keménységmérési eljárások bevezetésének időrendje

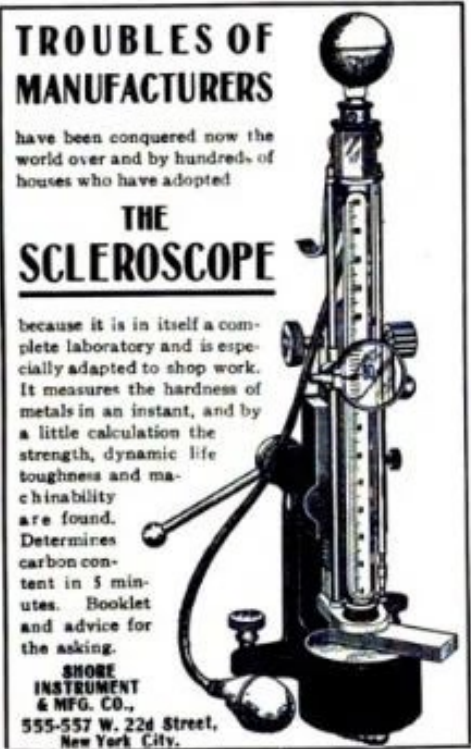
Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás
1812	<i>Friedrich Mohs</i> 1812-ben felírta az ásványok tízfokozatú karcolásos keménységi skáláját. Mohs, F.: Versuch einer Elementar-Methode zur naturhistorischen Bestimmung und Erkennung der Fossilien. Erster Theil. Wien, in der Camesinaschen Buchhandlung. 1812. Mohs, F.: Die Charaktere der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, oder die Characteristik des naturhistorischen Mineral-Systemes. Zweite, verbesserte Auflage. Der Arnoldischen Buchhandlung, Dresden, 1821. Mohs, F.: Grundriss der Mineralogie. Arnoldischen Buchhandlung. Dresden, 1822.
1898	<i>Adolf Martens</i> (1850-1914) német fizikus mechano-hidraulikus elven működő, a behatolási mélységet mérő eszközre tett javaslatot. Az eredetileg „univerzális eljárásnak” nevezett módszer 2003 óta viseli a <i>Martens</i> nevet. Az erő és benyomódási mélység folyamatos mérése a terhelés fel- és leszálló ágában a <i>Martens</i>-módszert az anyag rugalmas-képlékeny (elasztikus-plasztikus) tulajdonságainak jellemzésére teszi alkalmassá. Ezzel szemben a <i>Brinell</i>-, <i>Vickers</i>- és <i>Rockwell</i>-keménységnek a mérése során a benyomódás mértékét csak tehermentesítés után vizsgáljuk, és így a képlékeny alakváltozásról nem kapunk adatot. MSZ EN ISO 14577-1:2015 Az ábra forrása: <i>Klein szerk. (2008)</i>  1 Terhelés 2 Tehermentesítés 3 A ② görbe érintője a $(h_{\max}, F_{\max})$ pontban 1 Nyomótest 2 A képlékeny, maradó benyomódás felülete 3 A legnagyobb benyomódás felülete
1900	<i>Johan August Brinell</i> (1849-1925) svéd metallográfus 1900-ban kifejlesztette, majd 1924-ben szabadalmaztatta a golyós benyomásos keménységmérési módszert.

	Brinell, J. A.: Ein Verfahren zur Härtebestimmung nebst einigen Anwendungen desselben. Baumaterialienkunde. 1900. Jahrgang 5. pp. 276–280, 294–297, 317–320, 364–367, 392–394, 412–416. ASTM E 10:2015 DIN 1605-3:1936 MSZ 105-9:1986 visszavont szabvány MSZ EN ISO 6506-1:2014	
--	---	--

Az 1.5.K2. táblázat folytatódik

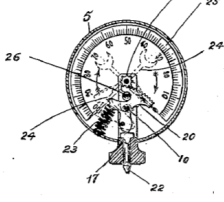
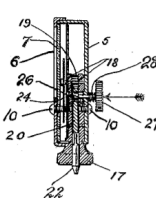
Az 1.5.K2. táblázat folytatása

Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás	
1900	<i>Karl Otto Clemens Wittgenstein</i> (1847-1913) német-osztrák acélipari mágán 1890-1900 között kifejlesztette a hordozható <i>Poldi</i>-kalapácsot a fémek <i>Brinell</i>-keménységének helyszíni mérésére. MSZ-05 83.2100:1981 http://www.betonopus.hu/szakmernoki/180-poldi.pdf http://www.betonopus.hu/notesz/poldi/poldi-kalapacsos-kepletek.pdf	
1906	<i>Albert Ferdinand Shore</i> együttműködve <i>P. Heroult</i>-tal megalkotta a Scleroscope (szkleroszkóp) elnevezésű, hordozható visszapattanásos keménységmérő műszert fémek keménységének vizsgálatára.	

	Anonym:... Zeitschrift für Werkzeugmaschinen und Werkzeuge. 12. Jahrgang. Oktober 1907 – September 1908. Verlag S. Fischer. Berlin Bermann M.: A scleroscop. Kazán- és Gép-Ujság. IX. évfolyam. 2. szám. 1910. január 16. pp. 14-16. (https://adt.arcanum.com/hu/) Shore, A. F.: The property of hardness in metals and minerals. Pr. Am. Soc. Testing Materials. Vol. 11. 1911. pp. 733-743. The Shore Scleroscope. Fourth Edition. Shore Instrument & Mfg. Co. New York, August, 1910. (http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044091972851;view=1up;seq=23) ASTM E 448:1982 (Reapproved 2002) Az ábra forrása: https://mycompanies.fandom.com/wiki/Shore_Instrument_%26_Manufacturing_Company	
--	---	--

Az 1.5.K2. táblázat folytatódik

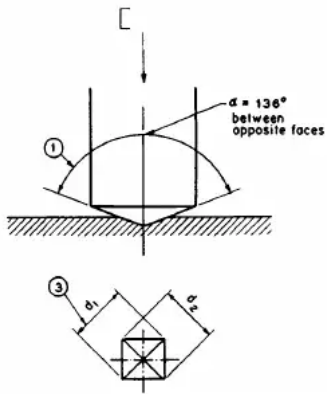
Az 1.5.K2. táblázat folytatása

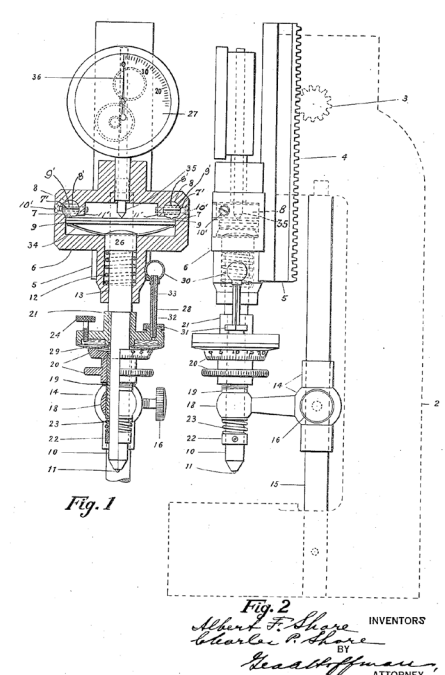
Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás	
1912	<i>William F. Shore – Albert Ferdinand Shore</i> testvére – kerek alakú durométer szabadalmaztatott az Egyesült Államokban. H. J. Qi – K. Joyce – M. C. Boyce: Durometer hardness and the stress-strain behavior of elastomeric materials. Rubber Chemistry and Technology. Vol. 76. pp. 419-435. https://watermark.silverchair.com/	Fig. 1.  Fig. 2.  Rajz <i>William F. Shore</i> 1,042,721 számú, 1912. október 29-i US szabadalmából (Patented in United States)
1915	<i>Albert F. Shore</i> elkészítette az első kvadráns alakú durométert (quadrant type durometer; Durometer vom Quadrantentyp) a gumik keménységének vizsgálatára.	

	http://shore-durometer-history.blogspot.com Blobner, U. (O-Ring Prüflabor Richter GmbH): 1915 - 2015: 100 Years of Shore A Hardness Testing A historical review of the development and research of the Shore A measuring method with reference to today's testing practice (https://www.o-ring-prueflabor.de/files/expert_knowledge_-_100_years_of_shore_a_.pdf)	
1919	<i>Hugh M. Rockwell és Stanley P. Rockwell</i> amerikai mérnökök (csak névrokonok) közös, 1914-ben benyújtott 1,294,171 számú szabadalmát 1919-ben fogadták el. A <i>Rockwell</i>-keménység az anyag képlékeny (plasztikus) tulajdonságait jellemzi. Rockwell, S. P.: The testing of metals for hardness. Trans. Am. Soc. Steel Treating. 2. 1921/1922. pp. 1013. MSZ 105-11:1977 visszavont szabvány MSZ EN ISO 6508-1:2016	

Az 1.5.K2. táblázat folytatódik

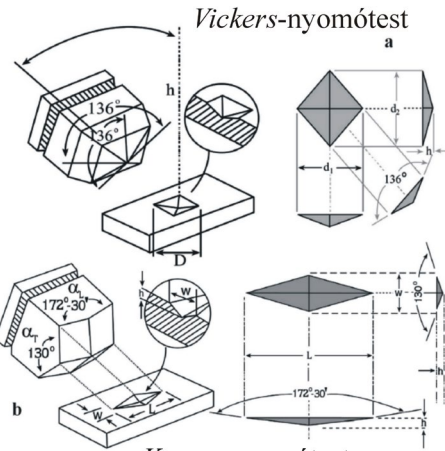
Az 1.5.K2. táblázat folytatása

Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás	
1921	<i>Robert L. Smith és George E. Sandland</i>, a <i>Vickers Ltd.</i> két mérnöke kifejlesztette a <i>Vickers</i>-féle keménységmérés módszerét. A <i>Vickers</i>-keménység az anyag képlékeny (plasztikus) tulajdonságait jellemzi. ASTM C 1327:2015 (2019) ASTM E 92:1982 (Reapproved 1997), (Withdrawn 2010) ASTM E 384:2017 MSZ 105-12:1986 visszavont szabvány MSZ 105-34:1986 visszavont szabvány MSZ 18290-4:1982 visszavont szabvány MSZ EN ISO 6507-1:2018	 FIG. 1 Vickers Hardness Test (see Table 1) Ábra az ASTM E 92:1982 (Reapproved 1997) szabványból

1930	<i>Albert F. Shore és Charles P. Shore</i> a korábban szabadalmaztatott keménységmérő típusok (<i>Albert F. Shore és William F. Shore</i> találmánya, Serial No. 742,516, 1925-ben; és <i>Albert F. Shore és Charles P. Shore</i> találmánya, Serial No. 10,995, 1924-ben) továbbfejlesztett változatát szabadalmaztatta (US 1,770,045 számú szabadalom) keményebb anyagok, mint például az edzett acél keménységének vizsgálatára. Az ábrán rajz látható <i>Albert F. Shore és Charles P. Shore</i> 1,770,045 számú, 1930. július 8-i US szabadalmából (Patented in United States), aláírásukkal.	
-------------	--	--

Az 1.5.K2. táblázat folytatódik

Az 1.5.K2. táblázat folytatása

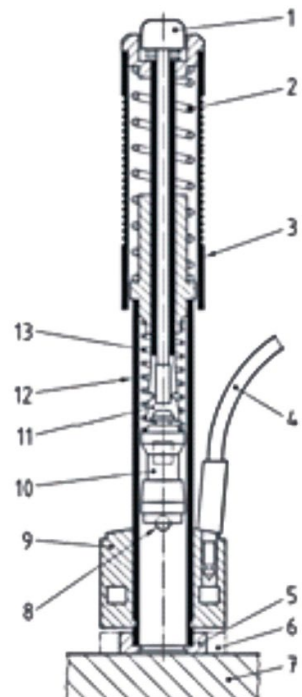
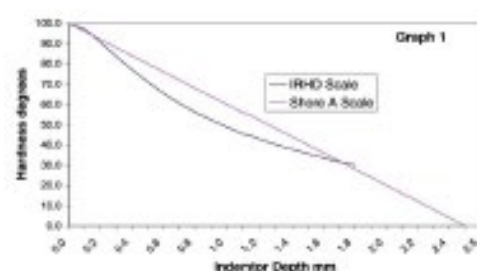
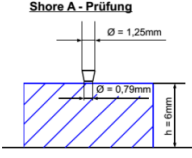
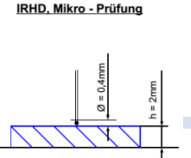
Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás	
1939	<i>Frederick Knoop</i> (1878-1943) amerikai fizikus és mérnök a <i>Vickers</i>-keménységmérés mintájára eljárást fejlesztett ki mikrokeménység mérésére (<i>Knoop</i>-keménység). A <i>Vickers</i>-féle egyenlő oldalú gyémánt nyomótesttel szemben a <i>Knoop</i>-készülék nyomótestje rombusz alakú, amelynek hosszú átlója lenyomatát mérik a vizsgálat során. A <i>Knoop</i>-féle módszert általában a rideg anyagok, mint például a kerámiák, szinterelt anyagok vagy a vékony lemezek, fóliák keménységének mérésére alkalmazzák. A módszer az anyag képlékeny (plasztikus) tulajdonságait jellemzi.	 Az ábra forrása: Güder et al., 2011.

	ASTM C 1326:2013 (2018) ASTM E 384:2017 MSZ EN ISO 4545-1:2018	http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/120/a120z6p08.pdf
1941	<i>Fred Shore – Albert F. Shore</i> fia – elkészítette és forgalomba hozta az újabb kerek alakú durométert (round style durometer, runder Durometer), amely sok tekintetben hasonlított az eredeti <i>William F. Shore</i>-féle kerek alakú durométerhez. http://shore-durometer-history.blogspot.com/ ASTM D 2240:2015 (2021)	

Az 1.5.K2. táblázat folytatódik

Az 1.5.K2. táblázat folytatása

Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás
1975	<i>Dietmar Leeb</i> és <i>Marco Brandestini</i> a svájci Proceq SA cég mérnökei nagyméretű fémminták keménységének helyszíni roncsolásmentes mérésére hordozható, visszapattanásos készüléket, illetve eljárást fejlesztettek ki. A <i>Leeb</i>-módszert kezdetben <i>Equotip</i>-módszernek nevezték. Működési elve a <i>Shore-Scleroscope</i> működéséhez hasonló.

	DIN 50156-1:2007, DIN 50156-2:2007, DIN 50156-3:2007, ASTM A 956/A 956M:2017, ASTM E 140-12b:2013 MSZ EN ISO 16859-1:2016 Pollok, H.-H. – Mennicke, R. T.: Der tragbare Leeb-Test wird 35 Jahre alt: Der Leeb-Test wird heute nicht nur als Ergänzung von Benchtop-Geräten verwendet, sondern auch zur Steigerung der Testeffizienz und zur Erschließung neuer Anwendungen, z.B. in automatisierten Fabrikumgebungen. Qualität. Bd. 49. Januar 2010.	 Leeb-készülék, ábra a DIN 50156-1:2007 szabványból
1979	Megjelent a gumik IRHD (International Rubber Hardness Degree) keménység-mérését leíró ISO 48 szabvány 2. kiadása (ISO 48:1979). A szabvány mai változata: ISO 48-2:2018, amely lényegében megegyezik az ASTM D 1415:2006 (2012) szabvánnyal, és amelyet például Németországban is bevezettek (DIN ISO 48-2:2021). Az IRHD-N (normál) és a Shore-A durométer keménység nincs egymással közvetlen kapcsolatban, de igen rugalmas gumik esetén összehasonlíthatók. A Shore-A durométer skála lineáris, míg az IRHD nemlineáris. A lágy gumik keménységét a VLRH-skálával (Very Low Rubber Hardness) fejezik ki (ISO 48-3:2018, DIN ISO 48-3:2021).	 Graph 1 Hardness degrees Indenter Depth mm — IRHD Scale — Shore A Scale http://www.wallaceinstruments.com/ ISO 7619-1 Shore A - Prüfung  Penetrator: truncated cone Standard specimen: 6mm plate Measuring time: 3 seconds DIN ISO 48 M IRHD, Mikro - Prüfung  Penetrator: ball Standard specimen: 2mm plate Measuring time: 30 seconds https://www.o-ring-prueflabor.de/

Az 1.5.K2. táblázat folytatódik

Az 1.5.K2. táblázat folytatása

Évsz.	Esemény és irodalmi hivatkozás
Felhasznált további irodalom:	

*Gmelin*¹⁰⁹ (1937), *Herrmann, K.* et al. (2014), *Klein szerk.* (2008)

VDI/VDE 2616-1:2012, VDI/VDE 2616-2:2014 (német-angol kétnyelvű műszaki irányelvek)

Az ASTM E 140-12b:2013 szabványban található táblázatok és egyenletek segítségével a különféle acélok és a keményfémek *Brinell*-, *Vickers*-, *Rockwell*-, *Knoop*-, *Scleroscop*- és *Leeb*-keménységértékei egymásba átszámíthatók. A *Brinell*-, *Vickers*- és *Rockwell*-féle keménységeket például az MSZ EN ISO 18265:2014, a visszavont MI 15191:1979 vagy a visszavont DIN 50150:2000 szabványban lévő táblázatok segítségével is át lehet egymásba számítani.

Az irodalom (<https://www.chemie.de/lexikon/Härte.html>) szerint a *Brinell*- (*HB*), a *Vickers*- (*HV*) és a *Rockwell*- (*HRB* és *HRC*) keménységértékek hozzávetőleges összefüggései a következők:

$$\begin{aligned} HB &\approx 0,95 \times HV \\ HRB &\approx 176 - \frac{1165}{\sqrt{HB}} \\ HRC &\approx 116 - \frac{1500}{\sqrt{HV}} \end{aligned}$$

Az MSZ EN ISO 18265:2014 és a visszavont DIN 50150:2000 szabványbeli táblázatokban az acélok és a keményfémek keménységértékeinek megfelelő szakítószilárdságok közelítő értékét is megadták. Ezek nem pontosabbak a tényleges húzószilárdság-vizsgálat eredményeinél (MSZ EN ISO 18265:2014).

Az MSZ EN ISO 18265:2014 szabvány A.1. táblázatában szereplő összetartozó *HB Brinell*-keménység és f_t szakítószilárdság függvényértékekre fektetett, ötvözetlen vagy gyengén ötvözött acélokra (unalloyed or low alloy steels), és acélöntvényre (cast steel) érvényes másodfokú parabola képlete (a parabola korrelációs együtthatója négyzetének értéke: $R^2 = 0,9999$):

$$f_t = 0,0006 \times HB^2 \left[\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \right] + 3,1156 \times HB \left[\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \right] + 23,867 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2},$$

vagy a *HB*- f_t függvényértékekre fektetett egyenes egyszerűbb, a mindennapi gyakorlat számára elegendő pontosságú képlete (az egyenes korrelációs együtthatója négyzetének értéke: $R^2 = 0,9994$):

$$f_t = 3,5067 \times HB \left[\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \right] - 26,71 \approx 3,5 \times HB \left[\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \right] - 26,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

Ha a *HB Brinell*-keménység kp/mm^2 helyett N/mm^2 mértékegységben adott, akkor az ötvözetlen vagy gyengén ötvözött acél és az acélöntvény közelítő szakítószilárdságát a következő összefüggésből számíthatjuk ki:

$$f_t = 0,357 \times HB \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] - 26,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(ugyanis: $1 \text{ kp/mm}^2 = 9,80665 \text{ N/mm}^2$ és $3,5067/9,80665 \approx 0,357$).

A fenti *HB*- f_t függvények a ($HB = 76 \text{ kp/mm}^2 - f_t = 255 \text{ N/mm}^2$) és a ($HB = 618 \text{ kp/mm}^2 - f_t = 2180 \text{ N/mm}^2$) értékpárok között érvényesek, ha a *Brinell*-keménységet az MSZ EN ISO 6506-

¹⁰⁹ *Leopold Gmelin* (1788, Göttingen – 1853, Heidelberg) német vegyész, az Universität Heidelberg professzora. A „*Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie*” (Gmelin kézikönyve a szervetlen kémiáról) sok kötetes, mintegy 85000 címszót tartalmazó enciklopédia az eredetileg *Leopold Gmelin* által 1817 és 1853 között kiadott kötetek rendszeres időközökben átdolgozott és bővített kiadványa, amelynek utolsó nyomtatott, nyolcadik kiadása az 1990-es években jelent meg.

1:2014 szabvány, esetleg a visszavont MSZ 105-9:1986 szabvány szerint vizsgáljuk.

A természetes, az ízzített, a nemesített, az edzett, a megeresztett acélok *Brinell*-keménységének és általa a közelítő szakítószilárdságának, valamint a szürke öntöttvas, az alumíniumöntvény-ötvözetek, a sárgaréz, a vörösréz, a 10-12% öntartalmú bronzötvözetek *Brinell*-keménységének helyszíni vizsgálatát például a hordozható *Poldi*-kalapáccsal végezhetjük, illetve hazánkban napjainkban általában a leggyakrabban *Poldi*-kalapáccsal végezzük. A *Poldi*-kalapáccsal kapott *Brinell*-keménység az MSZ EN ISO 6506-1:2014 szabvány szerinti, 10 mm átmérőjű vizsgálati golyó és 1000 kp (9,81 kN ~ 10 kN) terhelés alkalmazásával mért *Brinell*-keménységnek felel meg, ha a vizsgált minta vastagsága legalább 6 mm.

Lásd még: Ásványok keménysége, Szkeroszkóp, *Poldi*-kalapács,
<http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>,
<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/176-kemenyseg.pdf>

Keresztmetszet-csökkenés

Lásd: Kontrakció

Kettősfalú elem

Németül: Doppelwand, Dreifachwand, Elementwand, Gitterträgerwand, Dreikammerwand, Hohlwand

A kettősfalú elem két, mintegy 60 mm vastag, rácsos acéltartóval összekötött előregyártott vasbeton héjázat, amelyet összeszerelés után betonnal töltenek ki, és amely a beton megszilárdulása után monolit falként működik. A kettősfalú elembe a statikailag szükséges vasalást az elemgyárban szerelik be. Előnye továbbá például a sima és tartós betonfelület, a jó mechanikai ellenállóképesség, a merevítő támasztékok szükségletelensége, a pince ablak- vagy ajtókereteinek és egyéb áttörések, konnektorok stb. gyári beépíthetőségének lehetősége. (<https://www.luecking.de/luecking-doppelwand/>)

Lásd még: Zsalukő

Keverési arány

A keverési arány az adott friss beton adagban vagy szállítmányban levő alkotóanyagok tömegaránya. Általában a cement 1 tömegrészéhez szokták viszonyítani a többi alkotóanyag tömegét (például 1:0,5:6 keverési arány jelentése: 1 tömegrész cement, 0,5 tömegrész hatékony víz és 6 tömegrész száraz adalékanyag). A keverési arányt a beton összetételéből kell kiszámítani úgy, hogy minden alkotóanyag tömegét a cement tömegével el kell osztani. A keverési arányt a megtervezett és a megkevert friss betonra is ki kell számítani, ahol például az adagolt cement, a felületi nedvességével javított adalékanyag és az összes víz (az adalékanyag felületi nedvességével és a beton párolgási veszteségével javított víz) tömegét kell alapul venni, ha a beton adalékszer és kiegészítőanyagot nem tartalmaz. A folyékony adalékszer közelítőleg vízként lehet számolni.

Kezdeti gyártás

A kezdeti gyártás a legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó nyomószilárdság vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, három

hónapnál hosszabb, de legfeljebb 12 hónap hosszú betongyártási időszak. (MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016)

Kezdeti rugalmassági modulus

A kezdeti rugalmassági modulus a σ - ε görbe arányossági határ alatti lineáris szakaszának meredeksége, a feszültség és a rugalmas fajlagos alakváltozás hányadosa ($E_0 = \sigma/\varepsilon_{\text{rug}}$). E megfogalmazás során elvonatkoztatunk attól, hogy a σ - ε görbe a lineáris szakasz alatt az abszcissa tengelyhez közel aszimptotikusan illeszkedik.

Megjegyzés:

- 1) A lineáris szakasz „meredeksége” helyett gyakran mondjuk, hogy a lineáris szakasz „hajlásszögének (α_0) iránytangense” ($E_0 = \text{tg}\alpha_0 = \sigma/\varepsilon_{\text{rug}}$), amely utóbbi kifejezéssel óvatosan kell bánni, hiszen az „ α_0 hajlásszög” geometriai értelemben a koordináta-rendszer tengelyei egyénileg felvett (szubjektív) skála-beosztása arányának a függvénye, amely nyilván *nem* anyagjellemző, nyilván *nem* egy háromszög egyik szögének tangense, hanem „leíró jellegű képi meghatározás”.
- 2) Az ε_{rug} rugalmas fajlagos alakváltozás a hosszváltozás és az eredeti alaphossz (jeltávolság) hányadosa, amely arányszám, és *nem* százalékban vagy ezrelékben kifejezett mennyiség.

Az 1.5.K3. táblázatban a betonok kezdeti nyomási rugalmassági modulusának egyes régi előírásokban szereplő értékeit adtuk meg.

1.5.K3. táblázat: A betonok kezdeti nyomási rugalmassági modulusának értéke egyes régi előírásokban

Nyomószilárdsági osztály													
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 szabvány 4. táblázatában, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}}$													
–	–	–	100	140	200	–	280	–	400				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az MSZ 15022-1:1971 szabvány 2. - 4. táblázatában, kp/cm^2 , E_{b0}													
–	–	–	180000	230000	280000	–	320000	–	360000				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-3:1971 szabvány 1. táblázatában, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}}$													
35	50	70	100	140	–	–	–	–	–				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az MSZ 15022-3:1971 szabvány 1. táblázatában, kp/cm^2 , E_{b0}													
80000	110000	140000	18000	23000	–	–	–	–	–				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat III. fejezet. 1. füzetében, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}}$													
35	50	70	100	140	200	250	280	350	–				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat III. fejezet. 1. füzetében, kp/cm^2 , E_{b0}													
80000	110000	140000	180000	230000	280000	305000	320000	350000	–				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 2. táblázatában, N/mm^2 , $K_{\text{minősítési}}$													
–	–	–	10,5	15	21	–	30	–	42				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 2. táblázatában, N/mm^2 , E_{b0}													
–	–	–	18000	23000	28000	–	32000	–	36000				
Nyomószilárdsági osztály vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 2. – 4. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 2. és 5. táblázatában													
–	–	–	C 10	C 12	C 16	C 20	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50	C 55
Henger nyomószilárdságának minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 3. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 5. táblázatában, N/mm^2 , $R_{k0,\text{nom}}$													
–	–	–	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 2. táblázatában, kN/mm^2 , E_{b0}													
–	–	–	23,5	26,3	27,8	29,2	30,8	32,3	33,7	35,0	36,2	37,3	38,4

A beton kezdeti rugalmassági modulusát (1.5.K3. táblázat) például

- az MSZ 15022-1:1971 szabványban és például az 1976. évi Vasúti Hídszabályzatban a nyomószilárdság $K_{\text{minősítési}}$ minősítési értékének függvényében kp/cm^2 mértékegységben:

$$E_{b0} = 550000 \times \frac{K_{\text{minősítési}}}{K_{\text{minősítési}} + 200};$$

- az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabványban a nyomószilárdság $R_{\text{minősítési}}$ minősítési értékének függvényében N/mm^2 mértékegységben:

$$E_{b0} = 55000 \times \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{0,9 \times K_{\text{minősítési}} + 200};$$

- az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabványban a henger nyomószilárdsága $R_{k0, \text{nom}}$ minősítési értékének függvényében N/mm^2 mértékegységben:

$$E_{b0} = 70000 \times \frac{R_{k0, \text{nom}} + 30}{R_{k0, \text{nom}} + 100};$$

- az MSZ 15022-1:1986 szabványban pedig a nyomószilárdság $R_{\text{minősítési}}$ minősítési értékének függvényében N/mm^2 mértékegységben:

$$E_{b0} = 9,5 \times \sqrt[3]{R_{\text{minősítési}} + 8}$$

adták meg. A beton kezdeti rugalmassági modulusának MSZ 15022-1:1971 szabványban szereplő képletei *Palotás László* professzor munkásságán alapulnak, és azokat *Palotás*-féle kezdeti rugalmassági modulus képleteknek is nevezzük (*Palotás et al.*, 1980).

Jele: E_0 , mértékegysége: N/mm^2 vagy MPa, 1980 előtt kp/cm^2

Lásd még: σ - ε görbe

Kémiailag kötött víz

A kémiailag kötött víz a cement hidratációs termékek kristály és rétegeközi vize. Minthogy a fizikailag és kémiailag kötött víz közötti határ pontosan nem ismert, azt a vizet szokták kötött víznek tekinteni, amely 11% relatív nedvességtartalmú térben, 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva még a cementkőben marad.

Megjegyzés: Ne tévesszen meg bennünket, hogy az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton hidrotechnikai tulajdonságait 60 ± 5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított mintán kell vizsgálni.

Ajánlott irodalom például: *Talabér* (1966), *Czernin* (1977)

Lásd még: El nem gőzölhető víz, Gélvíz; könyvünk 16.1. fejezete

Kémiai oxigénigény

A kémiai oxigénigény

KOI) az oxigénigény mérőszámok egyike, amelyet a szennyvizek szerves anyagainak összetett jellegére tekintettel, az egyedi szerves összetevők minőségi és mennyiségi meghatározása helyett, a szennyvizek oxidálható szervesanyagtartalmának és oxidálható szervesanyag tartalmának együttes mennyisége kifejezésére használnak. A kémiai oxigénigény azon oxidálószer-mennyiséggel ekvivalens oxigén mennyisége, amely erősen savanyú közegben, magas hőmérsékleten, előírt ideig történő oxidációkor elfogy. (*Percsich*, 2005)

A kémiai oxigénigényt régebben az MSZ ISO 6060:1991 szabvány szerint kellett, ma az ISO 15705:2002 (DIN ISO 15705:2003) szabvány szerint kell meghatározni. A vizsgálat során a szennyvízmintát kálium-dikromát ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) referencia-oldattal kell kezelni, ezért a vizsgálat eredményét dikromátos kémiai oxigénigénynek nevezik.

A kálium-dikromátos kémiai oxigénigény, illetve szinonimájaként kálium-bikromátos kémiai oxigénigénynek nevezve, jele KOI_k , esetleg KOI_d , a kálium-permanganátos kémiai oxigénigény jele KOI_p vagy KOI_{ps} .

Lásd még: Biokémiai oxigénigény (BOI)

Kénbacilusok

Lásd: Szulfifikáció; Deszulfifikáció; Biogén kénsav okozta korrózió

Kénhidrogénes (H₂S) betonkorrózió

Kénhidrogén angolul: Hydrogen sulfide

Kénhidrogén németül: Schwefelwasserstoff

A kénhidrogén egy gyengén savas gáz, amely a rothadási folyamatok során keletkezik, és a levegő oxigénjével kénsavvá oxidálódik. Tipikus kénhidrogénes betonkorrózió a rothadó szennyvizet szállító betoncsatornák felső részének korróziója. (Czernin, 1977)

Lásd még: Acélbetét korróziója, Biogén kénsav okozta korrózió, Káros vegyi hatások a betonra, Redoxi potenciál, Savak okozta betonkorrózió, Szulfifikáció

Kénsav korrózió

Lásd: Biogén kénsav okozta korrózió

Kényszererő

Angolul: coercive force

Németül: Zwangkraft, Zwangskraft

A kényszererő jelentése többféle:

- Kényszererőnek nevezik a gázok, folyadékok és szilárd anyagok F_s belső súrlódási erejét, mert a működését az anyag v sebességű elmozdulását ébresztő F_G erővetület kényszeríti ki.
- Kényszererőnek nevezik a szilárd anyagok gátolt alakváltozása által, például a tömegbetonok gátolt hőtágulása által ébresztett erőt, mert a meggátolt, szabadon le nem játszódható alakváltozás kényszeréből fakad.

Lásd még: Viszkózitás, Tömegbeton, Vízépítési tömegbeton, Völgyzárógátbeton

Képlékeny alakítás

A képlékeny alakítás módozatai a meleg- és a hidegalakítás.

Lásd még: Acélgyártás

Képlékeny nyúlás

Angolul: Plastic extension

Németül: Nichtproportionale Dehnung

Az acélok, betonacélok, feszítőacélok, általában a fémek „képlékeny nyúlásán” a szóhasználatunk szerinti „maradó nyúlás” értendő. A „képlékeny nyúlást” „nem arányos nyúlásnak” is szokták nevezni. A kifejezés például az MSZ EN ISO 15630-1:2020 szabványban fordul elő.

Lásd még: Nem arányos nyúlás, Maradó nyúlás

Képlékeny nyúlás legnagyobb terheléskor

Lásd: Maradó nyúlás legnagyobb terheléskor

Képlékenységi, acél képlékenysége

Lásd még: Rugalmasság, Acélgyártás

Képzelt modulus

Lásd: Ideális rugalmassági modulus, Kúszás

Képzett levegő

Lásd: Légbuborék

Kéregedzés

Lásd: Felületi edzés

Kéregvasalás

Nevezik védővasalásnak, védőhálónak, felületi vasalásnak is. A kéregvasalást a túl vastag betonfedésbe építik be – ha szükséges – repedéskorlátozás céljából, a betonfedés leválása, lepattogzása ellen elsősorban a keresztmetszet húzott övébe, sokszor tűzvédelmi szempontból.

A kéregvasalással részletesen *könyvünk 6.2 fejezetében* foglalkozunk.

k-érték elve

A *k*-érték a puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú, úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyag-tartalom azon hányada, amely az egyenértékű víz-cement tényezőben, illetve a hatékony kötőanyag-tartalomban a (cement + *k*×kiegészítőanyag) összefüggés alapján hatékony kötőanyagként számításba vehető. A *k* hatékonysági tényező értékei és alkalmazási feltételei az MSZ 4798:2016 szabványban találhatók.

Lásd még: Víz-kötőanyag tényező

Kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú) vizsgálati terv

Angolul: Double sampling plans for attributes

Németül: Doppelte Prüfpläne für die Attributenkontrolle

A kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú) vizsgálati terv – szemben az egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati tervvel – a kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú) mintavétellel vett minták vizsgálatának terve. A kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú) vizsgálati tervvel a minták két adott követelmény értéknek, az első és a második „átvételi számnak” való megfelelését vizsgáljuk. Paramétereit a halmaz (tétel) elemszáma (*N*), az első minta elemszáma (*n*₁), az első mintában a hibás (nem megfelelő) elemek megengedett legnagyobb száma, azaz az első átvételi szám (*c*₁), az első minta visszautasítási száma, azaz az első visszautasítási szám (*d*₁), a második minta elemszáma (*n*₂), a második mintában a hibás (nem megfelelő) elemek megengedett legnagyobb száma, azaz a második átvételi szám (*c*₂); a szokásos jelöléssel: (*N*; *n*₁; *c*₁; *d*₁; *n*₂; *c*₂). Törvényszerűség, hogy *c*₁ < *d*₁ ≤ *n*₁, *c*₂ < (*n*₁ + *n*₂) és *c*₁ < *c*₂.

Ha az *n*₁ elemszámú első mintában a hibás elemek száma (*k*₁):

- nem több, mint *c*₁ (*k*₁ ≤ *c*₁), akkor a tételt elfogadjuk;
- nem kevesebb, mint *d*₁ (*d*₁ ≤ *k*₁), akkor a tételt visszautasítjuk,
- több, mint *c*₁, de kevesebb, mint *d*₁ (*c*₁ < *k*₁ < *d*₁), akkor *n*₂ elemszámú második mintával második vizsgálatot végzünk.

Ha az első és a második mintában talált hibás elemek számának összege (*k*₁ + *k*₂) a *c*₂ értékét nem lépi túl (*k*₁ + *k*₂ ≤ *c*₂), akkor a tételt elfogadjuk, ellenkező esetben elutasítjuk. (*Rinne et al.*, 1995)

Lásd még: Egy-, két-, többlépcsős (egy-, két, illetve többszörös fokozatú) mintavétel

Két ponton átmenő egyenes egyenlete

Két ponton ((*x*₁;*y*₁) és (*x*₂;*y*₂)) átmenő egyenes esetén a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

Kéttengelyű igénybevétel

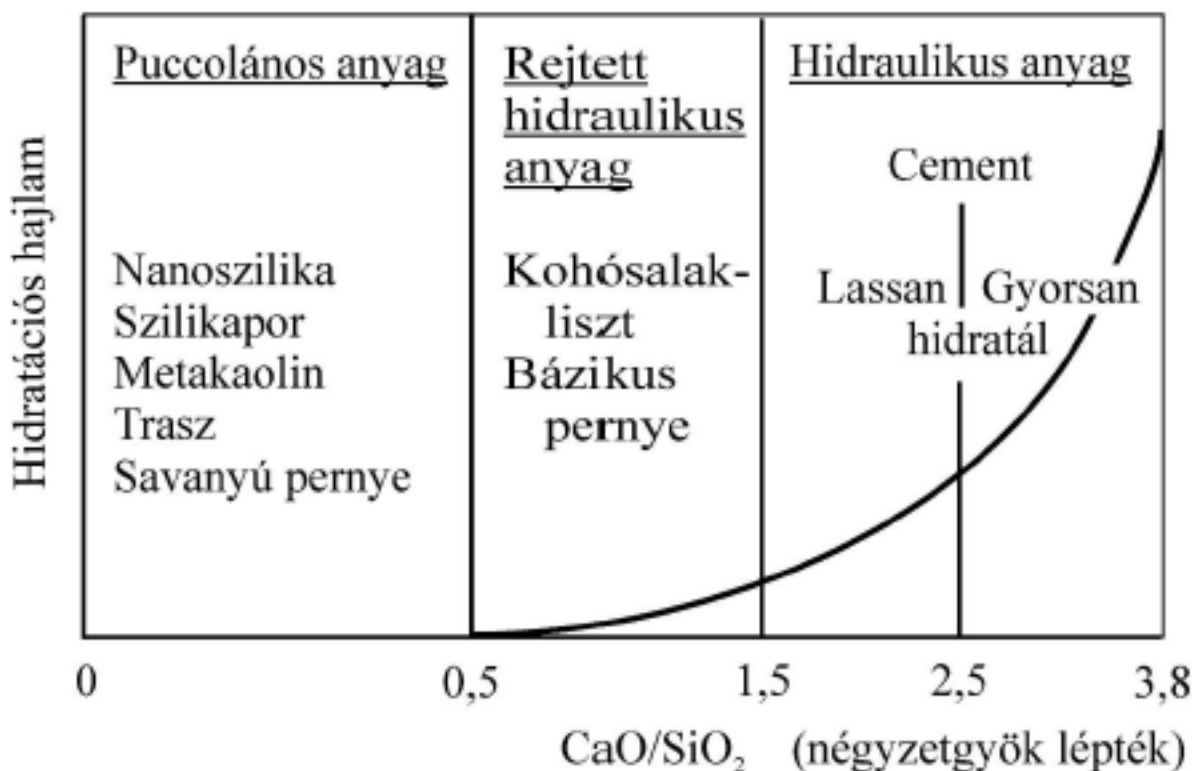
Lásd: Többszengelyű igénybevétel

Kiegészítőanyag

Angolul: Additive, addition

Németül: Zusatzstoff

A kiegészítőanyagok finom szemű szervesen esetleg szerves anyagok, amelyeket a friss vagy/és szilárd beton egyes tulajdonságainak javítására, vagy különleges tulajdonságainak kialakítására szokás alkalmazni. Szervesen kiegészítőanyagok az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerint az I. típusú inert (reakcióba nem lépő) kiegészítőanyagok és a II. típusú aktív, puccolános és rejtett hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyagok (1.5.K5. ábra). A szerves kiegészítőanyagok közé tartoznak például a műanyag diszperziók.



1.5.K5. ábra: II. típusú aktív kiegészítőanyagok és a cement hidratációs hajlama a mész-modulus (CaO/SiO₂ arány) függvényében (Riesz szerk., 1989)

Kiemelt szintű minőségellenőrzés

A kiemelt szintű minőségellenőrzés kifejezéssel – fogalom-meghatározás nélkül – az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban találkozunk. A méretezési szabványnak a tartószerkezetek szerkezeti osztályba sorolásával foglalkozó 4.3N táblázatában a kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett gyártott betonból készült szerkezeteknek, a normál szintű minőségellenőrzés mellett gyártott betonból készített szerkezetek szerkezeti osztályánál egyvel alacsonyabb fokú szerkezeti osztályba sorolását javasolják.

Ha a betonokat gyártási mód szerint kell minőségellenőrzési szintekkel társítani, akkor kézen fekvőnek látszik a monolitbetonokat a normál szintű minőségellenőrzés mellett készült, és a folyamatosan termelő, telepített betonelemgyárakban és az építéshelyi betonelőregyártó-üzemekben készített előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonszerkezeteket, termékeket a kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett készült szerkezetek csoportjába sorolni. E könyv 5., 6. és 10. fejezetében a szerkezeteket e szempont szerint soroljuk osztályba.

Kiindulási friss beton

Németül: Ausgangsbeton (Grübl et al., 2001).

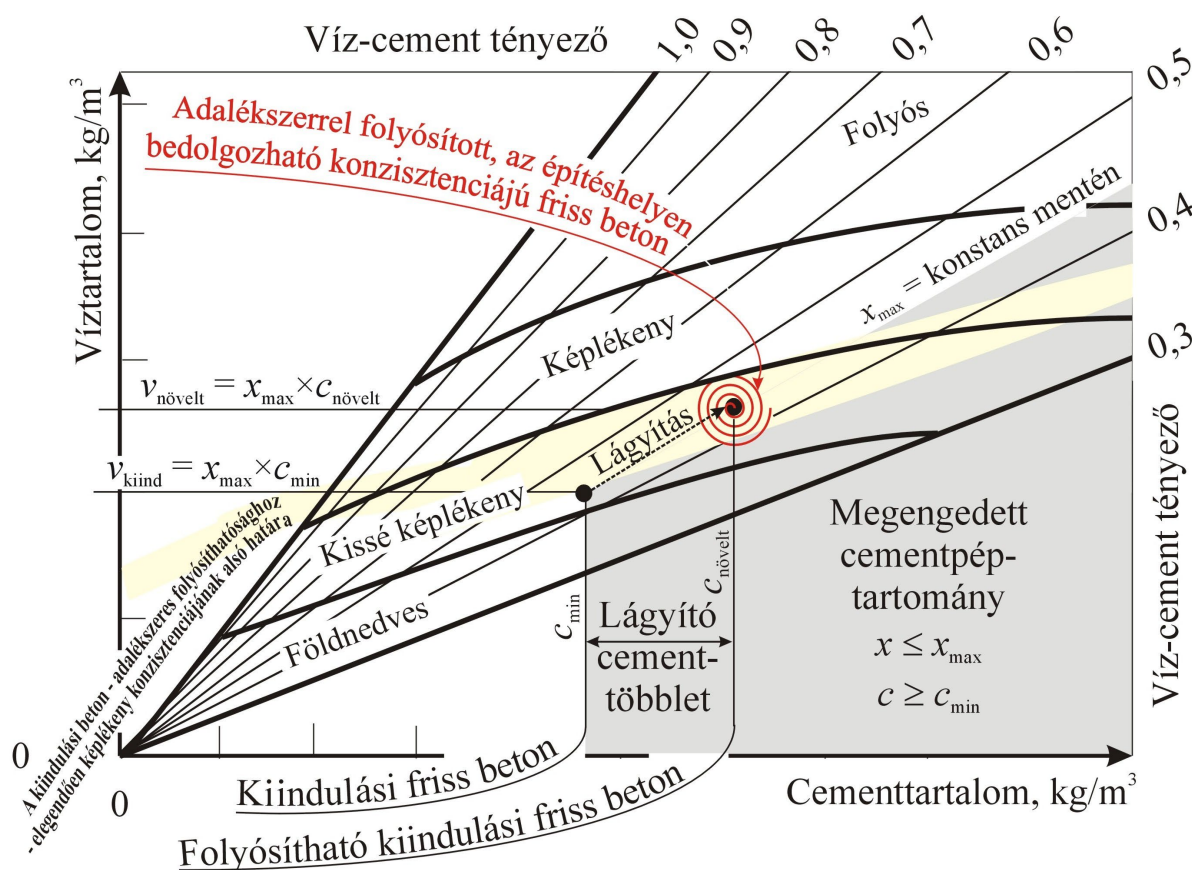
Kiindulási friss betonnak – a méretezési és környezeti követelményeknek megfelelő – folyósító vagy más adalékszer nélküli friss betont nevezzük. Összetétele olyan legyen, hogy valamennyi szilárdsági követelménynek folyósító adalékszer nélkül is megfeleljen (Grübl et al., 2001). Ha a kiindulási friss beton olyan száraz, hogy adalékszeres képlékenyítésre, folyósításra nem alkalmas, akkor megfelelő módon lágyítani kell.

Lásd még: Kiindulási friss beton lágyítása

Kiindulási friss beton lágyítása

A kiindulási friss beton lágyításának az építéshelyen csak folyósító adalékszerrel bedolgozható, de az adalékszer folyósítóhatásának érvényesüléséhez sem elég képlékeny, túl száraz kiindulási friss beton összetételének – a folyósítható friss beton összetételére való – áttervezését nevezzük.

Ha a kiindulási friss beton kis víztartalma folytán adalékszerrel nem folyósítható, akkor a kiindulási friss betont a megengedett legnagyobb víz-cement tényező megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom növelésével lehet lágyítani (pontosabban: a lágyabb friss beton összetételét megtervezni) úgy, hogy a kiindulási friss beton egyidejűleg növekvő víztartalma (keverővíztartalma) a képlékenyítéshez, folyósításhoz szükséges vízigényt, és cementpéptartalma az adalékanyag cementpépigényét érje el (1.5.K6. ábra). (Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés, 2019/4.)



1.5.K6. ábra: A kiindulási friss beton lágyítása a megengedett legnagyobb víz-cement tényező ($x_{\max}$) megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom ($c_{\min}$) növelésével, az adalékszeres folyósíthatóság érdekében. (Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés, 2019/4.)

Lásd még: Kiindulási friss beton, Adalékanyag pépigénye

Kiküszöbölési kísérleti módszer

A kiküszöbölési kísérleti módszer alkalmazása során valamely tulajdonság (független változó) hatását egy másik tulajdonságra (függő változó) kísérlettel úgy vizsgálják, hogy az összes többi tulajdonságot (betontechnológiai jellemzőt) változatlanul tartják.

A betontechnológiában hatékony eredményt (például szilárdság növekedést) általában akkor lehet elérni, ha a kiküszöbölési módszer mellőzésével, az összes betontechnológiai jellemzőt egyidejűleg optimálisra választják; nem kizárt azonban, hogy ehhez előbb kiküszöbölési kísérleteket végeztek.

Kinematikai viszkozitás

A kinematikai viszkozitás (ν) a folyadék dinamikai viszkozitásának (η) és a folyadék sűrűségének (ρ) a hányadosa: $\nu = \eta/\rho$.

Mértékegysége: $\text{cm}^2/\text{s} = \text{St} = 100 \text{ cSt}$ (centistokes)

Lásd még: Anyagsűrűség, Dinamikai viszkozitás,

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/173-viszkozitas.pdf>

Kiöntőbeton, Kiöntőhabarcs

Angolul: Grauting concrete, Grauting mortar

Németül: Vergussbeton, Vergussmörtel

A kiöntőbetont, illetve kiöntőhabarcsot fugázóbetonnak, illetve fugázóhabarcsnak is nevezik.

A kiöntőbeton adalékanyagának legnagyobb szemnagysága 4 mm-nél nagyobb, a kiöntőhabarcsé legfeljebb 4 mm. Az adalékanyag nem lehet könnyű vagy nehéz vagy újrahasznosított, készítéséhez légbuborékképző adalékszer nem megengedett (*DAfStb Vergussbeton-Richtlinie*, 2011).

A kiöntőbeton és a kiöntőhabarcs általában gyárilag készül, szárazon, időjárástól védve tárolandó, majd az építéshelyen megfelelő mennyiségű víz hozzáadása után bedolgozható. A gyári kiöntőbeton és kiöntőhabarcs cement, adalékanyag és szükség esetén kiegészítőanyagok és/vagy betonadalékszeres száraz keverékéből áll. A kiöntőbeton és kiöntőhabarcs a szokásos betontól, illetve habarcsától elsősorban folyósabb konzisztenciájában, nagyobb finomszemtartalmában, nagyobb korai szilárdságában különbözik; nyomószilárdsági osztálya legalább C50/60 (*DAfStb Vergussbeton-Richtlinie*, 2011).

A *DAfStb Vergussbeton-Richtlinie* (2011) műszaki irányelv szerinti kiöntőbeton és kiöntőhabarcs csak építményelemek alá- vagy kiöntésére, kisméretű hibák, rések és üregek javítására alkalmas. XK és XF4 környezeti osztályban nem szabad felhasználni. Rétegvastagsága nem lehet nagyobb az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának 25-szörösénél.

Kirágódás, szétrágódás

A kirágódás, szétrágódás régi kifejezés a beton korróziójára, vegyi tönkremenetelére, szétmállására, szétmorzsolódására stb.

A korrózió – mint az anyag felületéről kiinduló, kémiai (vagy elektrokémiai) reakció okozta káros, tehát nem szándékosan előidézett elváltozás – fogalmát régebben csak fémek „szétrágódásának” (latin $\rightarrow$ *corrodere* = szétrágni) kifejezésére használták, ma azonban már szinte minden anyag kémiai károsodását, – súlyosabb esetben – tönkremenetelét korrózióknak nevezik, akkor is, ha nem az anyag felületéről indul ki. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

Például: „A bauxitcementnél pedig még a körülményektől függően létrejövő átkristályosodás a betont a kirágódásra fogékonyabbá teszi. Részben fizikai, részben vegyi természetű a kirágódásnak az a fajtája, amidőn a víz – különösen a nyomás alatt lévő víz – a portlandcementből kiváló mészhidráttal kilúgozza.” (*Gáspár*, 1947)

Kishőfejllesztésű cement

Kishőfejllesztésű (LH) a cement, ha hidratációs hőfejllesztése 7 napos korrig ≤ 270 J/g (MSZ EN 197-1:2011). Ha a cement hidratációs hőfejllesztése 7 napos korrig ≤ 220 J/g, akkor nagyon kis hőfejllesztésűnek (VLH) tekintik. (MSZ EN 14216:2015)

Kiugró értékek próbája

A matematikai statisztikában a kiugró értékek próbájának a kiugró értékű valószínűségi változók vizsgálatának és kezelésének módszerét nevezik (*Csereháti*, 2004), (*Hartung et al.*, 2009). A módszer angol elnevezése: „Outlier test”, német elnevezése: „Ausreißertest”. A kiugró értékek (outlier) próbájának egyike a *Grubbs*-próba („*Grubbs*-féle módszer”, „*Grubbs*-teszt”), amelynek alkalmazásával az MSZ EN 13791:2019 szabványban találkozunk. Lásd: Outlier próba, *Grubbs*-próba

Klinker, cementklinker

Kiégetett, granulált cementgyártási nyersliszt, amelynek egyéb anyagokkal kiegészített örleménye a cement.

Klinkerásványok

A klinkerásványok a cement tulajdonságainak legfőbb hordozói, amelyek közül a legfontosabbak a következők:

Alit, trikálcium-szilikát ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, röviden: C_3S). A cement 37-60 tömeg%-át teszi ki. A nagy kezdszilárdságot adja.

Belit, a dikalcium-szilikát négyféle módosulata közül a legfontosabb a β -módosulat (β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, röviden: β - C_2S). Mennyisége a cementben 15-37 tömeg%. Kezdeti szilárdulása lassú, utószilárdulása nagy, hőfejllesztése kicsi.

Felit, trikálcium-aluminát ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, röviden: C_3A). Mennyisége a cementben: 7-15 tömeg%. Kezdeti szilárdulása gyors, hőfejllesztése nagy, zsugorodásra hajlamos. Ha hiányzik vagy kicsi a mennyisége a cementben, akkor a cement szulfátálló. Ellenkező esetben a cement kevésbé, illetve nem szulfátálló, mint a portlandcementek általában.

Celit, tetrakalcium-aluminát-ferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, röviden: C_4AF). mennyisége a cementben 10-18 tömeg%. Szilárdsága igen kicsi, lassan köt. Ennek a klinkerásványnak a mennyiségét növelve a cement szulfátállósága javul.

A négy klinkerásvány együttesen a cement 90-98 tömeg%-át teszi ki. A maradék 2-10 tömeg% szabad magnézium-oxidból, kalcium-szulfátból (gipszből) és kalcium-oxidból áll.

Lásd még: Cement hidratációja, Cementpép kötési folyamata, Aluminát-modulus, Szilikát-modulus

Klorid-behatolás, kloridion-behatolás

Lásd: Diffúzió, Klorid-diffúziós együttható

Klorid-diffúziós együttható

A beton klorid-diffúziós együtthatója az oldatban lévő kloridionok betonszövetszerkezetbe való, külső erőhatás nélküli vándorlásának kifejezője.

Lásd még: Diffúzió, Klorid-migrációs együttható

Klorid-migrációs együttható

A vándorlás latinul migratio (*Györkösy szerk.*, 1989), ezért a kloridion-vándorlást sokszor klorid-migrációnak (kloridmigrációnak) vagy kloridion-migrációnak nevezik.

A migráción a kémiai fizikában a gőzben vagy oldatban lévő elemek, ionok belső egyensúly-kiegyenlítő lassú vándorlását értik (*Somogyi B.-né szerk.*, 1976).

A kloridionok vándorlását, más szóval a klorid-migrációt a betonban lényegében három jelenségnek szokták tulajdonítani (*Gehlen*, 2000), (*Neville*, 2012), (*Kopecskó*, 2013. és 2014). Ezek:

- a diffúzió: ionok vándorlása az ionfolyadék saját úgy nevezett külső és a porózus szilárd anyagban lévő úgy nevezett belső koncentrációjának különbségéből ébredő belső erők hatására, tehát az eltérő külső-belső folyadékkoncentráció folytán. A beton lényeges, úgy nevezett releváns tulajdonsága a klorid-diffúziós együttható;
- a szorpció (abszorpció), más szóval a kapilláris szívás: ionok vándorlása az ionfolyadékból a levegővel töltött nyitott kapillárisok felé az adhéziós erők (felületi tapadás) hatására. A teljesen száraz vagy a vízzel telített víztartalmi állapotú betonban nincs szorpció (*Neville*, 2012);
- a permeáció (permeabilitás): ionok vándorlása a kapillárisokban az ionfolyadékra ható külső nyomás következtében.

Eszerint a diffúzió is, a szorpció is és a permeáció is ionvándorlás, azaz része migrációnak, amelynek mértékét az egyidejűleg fellépő diffúzió, szorpció és permeáció együtt határozza meg.

Megfelelő elrendezésű, egyirányú (angolul: unidirectional, a latin unus = egy után) kloridion-vándorlást biztosító laboratóriumi vizsgálattal a diffúzió, a szorpció és a permeáció fellépte közül a diffúzió érvényesíthető, amelyet gyakorlatilag azonosnak tekintenek a migrációval, és ezért a beton klorid-migrációs hatásokkal szembeni ellenállóképességét a klorid-diffúziós együtthatóval jellemzik. Ezért úgy véljük, hogy gondosabb nyelvhasználatnál a klorid-migráció helyett a külső erőhatás nélküli ionvándorlás esetén klorid-diffúzióról kellene beszélni.

Alapesetben felírható a klorid-diffúziós együttható annak feltételezésével, hogy az ionvándorlás stacionárius, azaz az időben állandó. Az állandósult fizikai-kémiai állapotot feltételező klorid-diffúziós együttható (steady state diffusion coefficient) jele: D_{ss} , mértékegysége: $10^{-12} \times \text{m}^2/\text{s}$. Ennek az állandósult állapotú klorid-diffúziós együtthatónak a meghatározásához a klorid-oldat moláris kémiai koncentrációját kell megadni mol/m^3 mértékegységben, amely az ionvándorlás során változatlan.

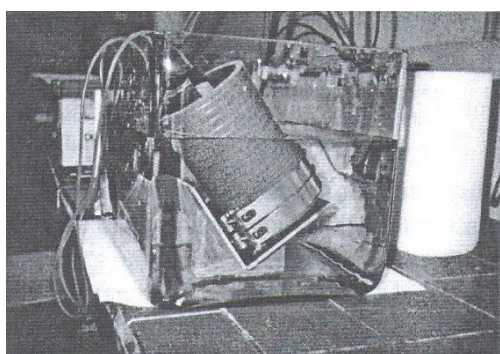
A klorid-migráció az idő függvényében zajló bonyolult folyamat, már csak azért is, mert a beton cementköve a vándorló kloridionok egy részét megkötheti, és ezért az ionvándorlás nem stacionárius (instacionárius), azaz az időben nem állandó, a klorid-oldat koncentrációja az időben változó. Az egyirányú kloridion-vándorlásos nem állandósult fizikai-kémiai állapotot feltételező klorid-diffúziós együttható (non-steady state diffusion coefficient) jele: D_{nss} , mértékegysége: $10^{-12} \times \text{m}^2/\text{s}$, meghatározni az MSZ EN 12390-11:2016 szabvány szerint kell. Ennek a nem állandósult állapotú klorid-diffúziós együtthatónak (D_{nss}) a meghatározásához a klorid-koncentrációt a beton kötőanyag fajtájának és tartalmának a figyelembevételével kell kifejezni tömegszázalékban vagy kg/m^3 mértékegységben, miáltal figyelembe vesszük a beton kezdeti kloridtartalmát és a beton kloridion-megkötőképességét az idő függvényében. Az állandósult (D_{ss}) és a nem állandósult (D_{nss}) állapotú klorid-diffúziós együttható nem cserélhető fel, a kettő között hozzávetőlegesen nagyságrendi különbség van. (MSZ EN 12390-11:2016).

Az ugyanebbe a szabványsorozatba tartozó MSZ EN 12390-18:2021 szabvány módszert ad az egyirányú kloridion-vándorlásos nem állandósult állapotú kloridion-behatolás gyors meghatározására. A gyorsvizsgálati módszer szerint a betonpróbatestet vizsgálat előtt vákuum

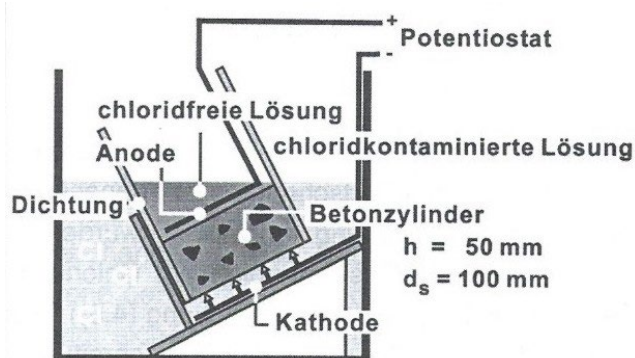
alatt légteleníteni, majd mészvízzel telíteni kell. Az ionfolyadék nem áramlik, hanem a negatív töltésű kloridionok vándorolnak a betonpróbatételbe az állandó egyenfeszültségű elektromos tér, azaz külső erő hatására, azaz migráció folyamánként. A kloridionok betonpróbatételbe hatolásának mélysége (chloride penetration depth) a próbatételeknek a fehér csapadékot hozó ezüst-nitrát-oldatos kolometriás vizsgálatával állapítandó meg. A gyorsvizsgálati kloridion-vándorlási együtthatót a kloridionok behatolási mélységéből és az egyéb vizsgálati változókból (elektromos feszültség, vizsgálati időtartam, vizsgálati hőmérséklet) lehet kiszámítani. Mértékegysége: $10^{-12} \times \text{m}^2/\text{s}$.

A nem állandósult állapotú kloridion-vándorlás gyorsvizsgálattal meghatározott együtthatóját az MSZ EN 12390-18:2021 szabvány forrásszabványában „chloride migration coefficient (non steady-state)”-nek, a szabvány magyar változatában „kloridmigrációs együttható”-nak nevezik. Jele: M_{nss} .

Az MSZ EN 12390-18:2021 szabvány megjelenése előtti idők irodalmában a gyors vizsgálattal (rapid chloride migration test, RCM-test) meghatározott kloridmigrációs együttható jele D_{RCM} volt (1.5.K7. ábra). (Gehlen, 2000)



Test arrangement of the test method rapid chloride migration (RCM)



Schematischer Versuchsaufbau Schnellchlorid-migrationsverfahren (RCM)

1.5.K7. ábra: A gyorsvizsgálati klorid-migráció kísérleti eszköze és elvi vázlata az irodalomban az MSZ EN 12390-18:2021 szabvány megjelenése előtti időkből, amikor a klorid-migrációs együttható a D_{RCM} jelet viselte (Gehlen, 2000)

Lásd még: Diffúzió, Migráció, Moláris kémiai anyagkoncentráció, Víztartalmi állapot

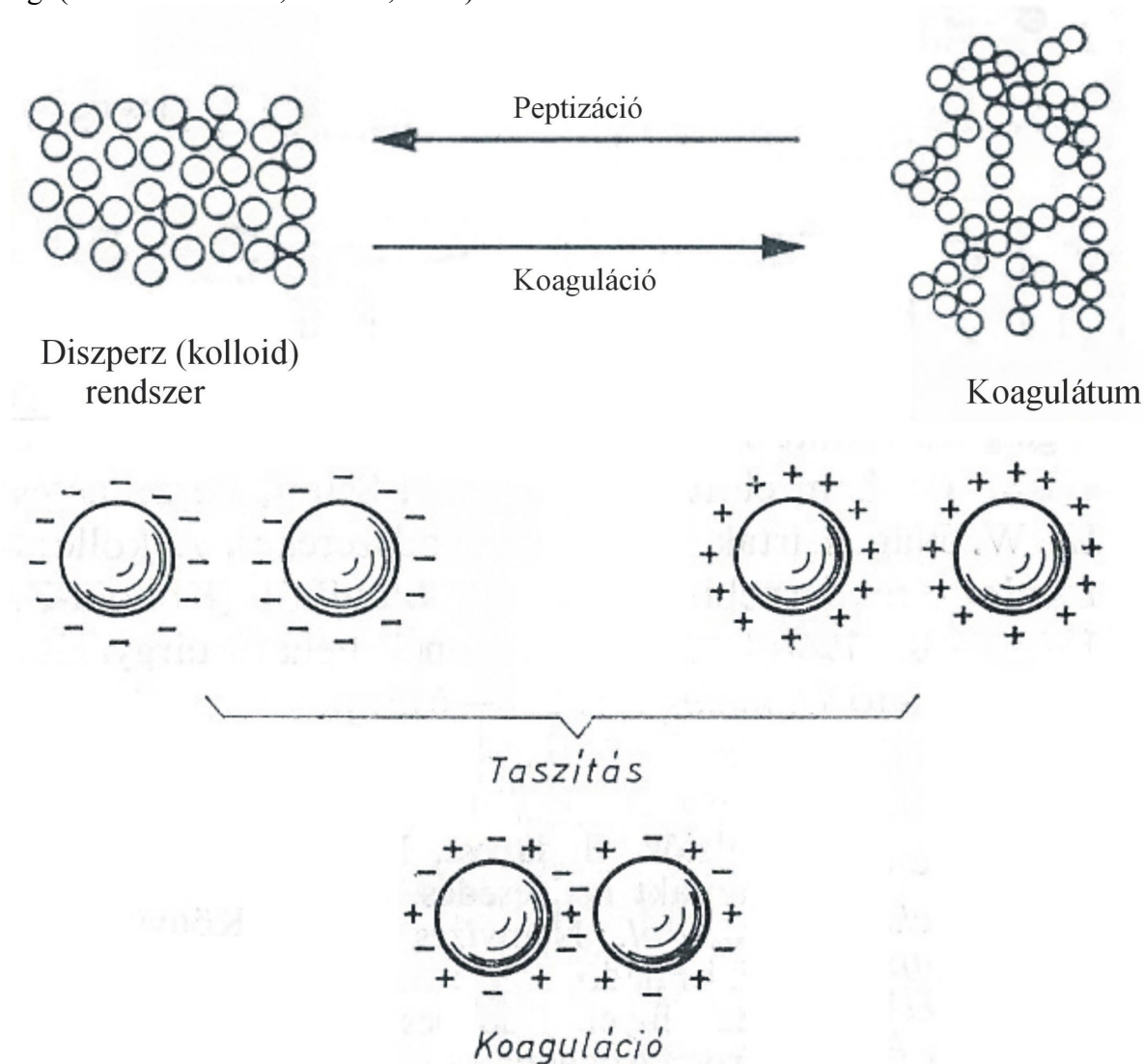
Koagulátum

A koagulátum olyan koloid (különleges állapotú, különösen finom eloszlású anyag), amely a koloid rendszerek stabilitását biztosító, – a részecskék közötti, az egyensúlyi állapot létrejöttét és a halmazképződést megakadályozó taszítóerők ébresztette – gátolt állapottal nem rendelkezik, a gátlást elvesztette vagy nem jött létre. Minthogy egy koloid oldatban minden koloid részecskének azonos előjelű töltése van, a részecskék egymást taszítják, a diszperziós közegben bizonyos sebességgel szabadon mozognak. A stabilis koloidok gátoltságának csökkentése vagy teljes megszüntetése a diszperziós közegben kezdetben szabadon mozgó koloid részecskék nagyobb részecskéhalmazzá egyesülését, aggregátumok létrejöttét idézi elő, amely folyamatot koagulálásnak, más szóval flokkulálásnak nevezik (1.5.K8. ábra). (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982), (Nyilasi, 1980)

A koagulátumban a stabilitást adó gátlást valamely harmadik anyag (peptizátorok) hozzáadásával gyakran sikerül újra létrehozni, amely folyamat neve: peptizáció (1.5.K8. ábra). (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Néha a koloid stabilitása bizonyos idő múlva önmagában is leépül, ez az öregedés. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

A kolloid részecskék mérete $10^{-4} \dots 10^{-6}$ mm; $10^3 \dots 10^9$ atomból álló részecskéknek felelnek meg. (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)



1.5.K8. ábra: Koagulátum; szemléltető ábra a *Römpp* Vegyészeti Lexikon ábrái alapján (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982)

Lásd még: Kolloidok, Megeresztés

Kockaszilárdság

Kockaszilárdságnak főképp a régi szabványokban és szabályzatokban (például az MSZ 15022-1:1971 szabványban, az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, az 1967. évi Közúti Hídszabályzatban) a 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt beton próbakockák 28 napos, kp/cm^2 mértékegységben kifejezett átlagos nyomószilárdságát nevezték; de ez az elnevezés megtalálható napjaink szabványaiban (például az MSZ 4798:2016 szabványban) is, amelyen kockaszilárdság alatt általában a 150 mm élhosszúságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt beton próbakockák 28 napos korban meghatározott, N/mm^2 mértékegységben kifejezett átlagos nyomószilárdságát értik.

Kohézió

A kohézió latin eredetű szó, összetartó erőt (Bakos et al., 1973), az azonos alkotórészekből álló testek alkotórészei közötti vonzó kölcsönhatásokat jelenti. Főképp a szilárd testeket, lényegében a folyadékokat, többé-kevésbé a gázokat a kohéziós erők tartják össze. A kohézió

erősségére jellemző az az energia, amely a testek alkotórészeire bontásához szükséges. A kohéziós energia erősen függ a kötés természetétől (például ionos kötés, *van der Waals*-kötés, kovalens kötés). A kohézió szilárd testek esetén általában közvetlen kapcsolatban van a szakítószilárdsággal és a rugalmassággal, folyadékok esetén a felületi feszültséggel. (*Szilágyi M. főszerk.*, 1977)

Érdekes, hogy a MOSz 102:1933 szabványban a szakadási nyúláshoz tartozó feszültséget (σ_c), azaz a szakadás pillanatában működő erő és a szakadási keresztmetszet hányadosát is – bizonyára *Rejtő* (1924) után – *kohézió*nak nevezték.

Lásd még: Nedvesítési szög, Húzókeménység, Víz felületi feszültsége

Kohómű

A nagyolvasztót és segédüzemeit együtt sokszor kohóműnek nevezik.

Lásd: Acélgyártás

Kohóhabsalak beton

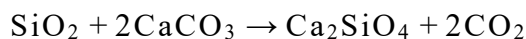
A kohóhabsalak beton az egykori ME 113:1980 építésügyi ágazati műszaki előírás szerint vibrálással vagy öntéssel készített, általában legfeljebb 1800 kg/m^3 testsűrűségű és legfeljebb 20 N/mm^2 nyomószilárdságú könnyűbeton. Adalékanyagának fő összetevője az 1 mm-nél finomabb homok és esetleg pernye mellett a nagyolvasztókban keletkező izzón folyós állapotú kohósalakból vízzel, vízgőzzel, esetleg sűrített levegővel habosított, legfeljebb 24 mm legnagyobb szemnagyságú osztályozott kohóhabsalak. A vibrált kohóhabsalak beton adalékanyagának szemmegoszlása folyamatos, az öntött kohóhabsalak adalékanyagának szemmegoszlása egyszemcsés. A kohóhabsalak betont régebben, kísérleti jelleggel gyártották.

Lásd még: Könnyűbetonok, <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/109-konnyu-a-es-b.pdf>

Kohósalak

A nyersvasat a vasérc redukciójával nagyolvasztókban állítják elő, miközben minden tonna nyersvas mellett mintegy ugyanennyi kohósalak keletkezik. Az építőipari célra alkalmas kohósalak termékek tulajdonságai a forró, 1000°C feletti hőmérsékletű nagyolvasztó salak hűtési sebességétől és kezelési módjától függenek: Lassú hűtéssel darabos kohósalakot, gyors vízhűtéssel üveges, amorf szerkezetű granulált kohósalakot, gyenge vízsugárral (kevés vízzel) habosítva és lassan lehűtve habosított kohósalakot lehet gyártani. Az üveges, amorf szerkezetű, őrölt granulált kohósalak rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságánál fogva alkalmas MSZ EN 197-1:2011, MSZ 4737-1:2013 szabvány stb. szerinti kohósalak-portlandcement, illetve kohósalakcement, valamint MSZ 4798:2016 szabvány szerinti II. típusú kiegészítőanyag gyártásának céljára.

A kohósalak fő összetevője (Ca_2SiO_4) lényegében a vasérc és nagyolvasztóba adagolt vashulladék ásványi szennyezőiből, nagyrészt szilícium-dioxid-tartalmából (SiO_2) és a nyersvasgyártási mészkőből (CaCO_3) képződik, a következő egyszerűsített alakban:



A kohósalak oxidos összetétele mintegy 35-55 tömeg% CaO és MgO , 30-40 tömeg% SiO_2 , 10-15 tömeg% Al_2O_3 , és kisebb mennyiségben MnO és FeO . A granulált kohósalak összetétele hasonlít a szilikátcementklinker összetételéhez, csak kalcium-oxidban annál szegényebb; a szilikátcementklinker CaO -tartalma 60-70 tömeg%. A CaO/SiO_2 arány növekedésével a granulált kohósalak gyengén hidraulikus tulajdonságai javulnak.

A kohósalakkal *nem tévesztendő össze* a betontechnológiai felhasználásra alkalmatlan acélgyártási salak (nevezik acélsalaknak, *Martin*-salaknak is).

Ajánlott irodalom például: *Palotás* (1979. 1. kötet és 2. kötet), *Talabér et al.* (1966), *Riesz főszerk.* (1989), *Zement-Taschenbuch* (2008), *Krenkler* (1980), *Rendchen et al.* (2002).

Lásd még: Acélgyártás, Cement, Kohósalak bázikussága

Kohósalak bázikussága (bázicitása)

A kohósalakok bázikusságán (bázicitásán) a cementkémikusok általában a kalcium-oxid-tartalom (CaO), esetenként az együttes kalcium-oxid- és magnézium-oxid-tartalom (MgO) többnyire szilícium-dioxid-tartalomra (SiO₂) vonatkoztatott hányadosát értik, és bázikusnak akkor tartják a granulált kohósalakot, ha a bázikusságot kifejező hányados értéke például:

$$\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%}{\text{SiO}_2\%} \geq 1,0$$

(Krenkler, 1980), (Riesz főszerk., 1989), (DIN 1164)

$$\frac{\text{CaO}\%}{\text{SiO}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%} \geq 1,0$$

(SZIKKTI, in Riesz főszerk., 1989),

$$\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\%}{\text{SiO}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%} \geq 1,0$$

(Alapmodulus, Palotás /1979. 2. kötet/ szerint, hivatkozással a visszavont MSZ 4707:1951 szabványra. Indoklás: A bázisos kohósalak jobb minőségű hidraulit, mint a savanyú.)

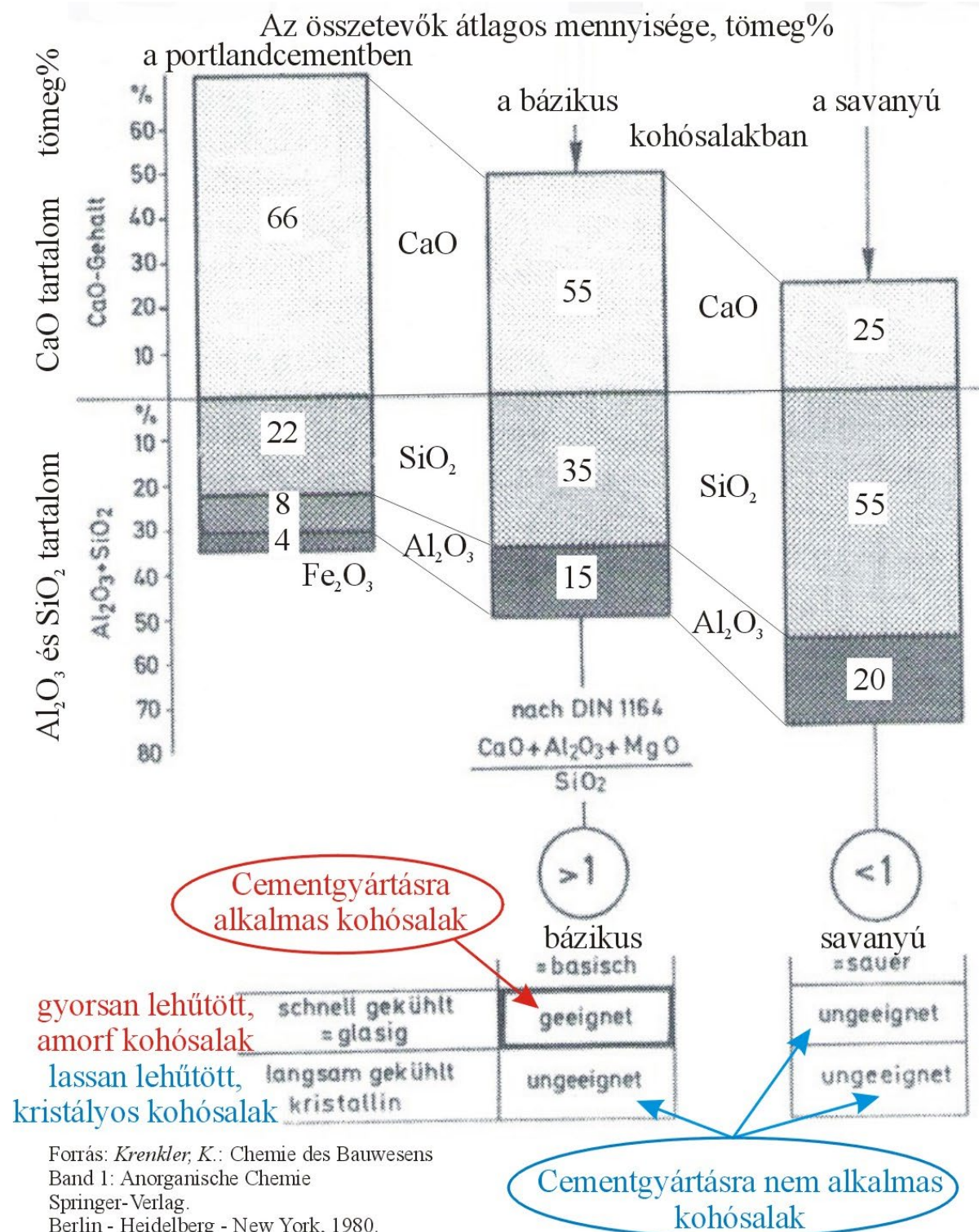
$$\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\%}{\text{SiO}_2\%} > 1,2$$

(Környezetvédelmi és Vízügyi Értesítő V. évf. 2008. 4. szám. 2008. p. 805.,
<http://www.kozlonyok.hu/kozlonyok/Kozlonyok/16/PDF/2008/4.pdf>)

$$\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\%}{\text{SiO}_2\%} > 1,0$$

(MSZ 4706-3:1998 visszavont és MSZ EN 197-1:2011 érvényes szabvány, amelyek szerinti további követelmény, hogy egyrészt a granulált kohósalak üveges – amorf – fázisa legalább kétharmad, másrészt a kalcium-oxid, a magnézium-oxid és a szilícium-dioxid összesített mennyisége a kohósalak tömegének legalább kétharmad része legyen.)

A kohósalakok hozzávetőleges összetételét és kémiai jellegét Krenkler (1980) után az 1.5.K9. ábrán tüntettük fel. Míg a portlandcement pontos százalékos összetételű, addig a kohósalak összetétele a vaskohászati adottságoktól és a feldolgozási módtól függően tág határok között ingadozik. Az 1.5.K9. ábrán látni, hogy a portlandcement és a kohósalak közötti fő különbség a kalcium-oxid- (CaO) és szilícium-dioxid- (SiO₂) tartalomban van. A cementgyártási alkalmazáshoz a kohósalaknak amorf (üvegszerű) szövetszerkezete és a SiO₂-tartalomnál nagyobb (CaO + Al₂O₃ + MgO)-tartalma kell legyen. Ezeket a feltételeket teljesítő kohósalak bázikus, rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú, és alkalmas az MSZ EN 197-1:2011, MSZ 4737-1:2013 szabvány stb. szerinti kohósalak-portlandcement, illetve kohósalakcement, valamint az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti II. típusú kiegészítőanyag gyártására, szemben e feltételeket ki nem elégítő és cementgyártásra, kötőanyagkénti felhasználásra alkalmatlan, kristályos szövetszerkezetű, illetve savanyú kohósalakokkal (Krenkler, 1980).



1.5.K9. ábra: A kohósalakok hozzávetőleges összetétele és kémiai jellege (Krenkler, 1980)

Lásd még: Acélgártás, Cement, Kohósalak, Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság

Kolloidok

Kolloidoknak (kolloid rendszereknek) azokat az anyagokat nevezzük, amelyek szubmikroszkópos nagyságrendű diszkontinuitásokat (1 millimikrontól 500 millimikronig) tartalmaznak. Például a bentonitok kation-kicserélőképességű kolloidok (MSZ 17746:1953 R, R → ajánlott szabvány)

Lásd még: Bentonit, Diszkontinuitás, Diszperzió, Ion-kicserélő-képesség, Koagulátum, Szubmikroszkopikus

Kommunális szennyvíz

A kommunális szennyvíz túlnyomórészt az ember házi, munkahelyi, kulturális stb. tevékenységéből származik, és az esővíz mellett főképp fekáliát, ételmaradékot, mosogatószer és tisztítószer is tartalmaz. A kommunális szennyvíztől meg kell különböztetni az ipari, élelmiszeripari, építőipari, mezőgazdasági stb. szennyvizet.

Koncentráció

A koncentráció kémiai arányszám valamely oldott anyag és az egész oldat vagy esetleg az oldószer mennyisége, vagyis térfogata, tömege, illetve kémiai anyagmennyisége között.

Más megfogalmazásban: A koncentráció egy összetételi arány, ami lehet tömegkoncentráció, anyagmennyiség-koncentráció, térfogati koncentráció és részecskeszám-koncentráció. A geokémiában elsősorban a tömegkoncentrációt használják, amelynek mértékegysége a tömegszázalék vagy a ppm. A tömegszázalék 100 gramm (hektogramm) anyagban egy adott komponens grammban kifejezett mennyisége. Mértékegysége gramm/hektogramm, jelölése tömeg% vagy m/m%. Az oxidos formában kifejezett főelemek koncentrációját tömegszázalékban adják meg. A nyomelemeket ezzel szemben elemi formában, ppm (parts per million) vagy gramm/tonna (azaz gramm/1000000 gramm) mennyiségben adják meg, azaz 1 millió gramm anyagban hány gramm adott komponens van.

(<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MagmasKozetek/ch04s03.html> és

<http://kemiateszt.uw.hu/osszefogl/szamitas.htm>)

Lásd még: Anyagmennyiség-koncentráció, Hidrogénion-koncentráció

Konfidencia

Angolul: Confidence

Németül: Konfidenz, Vertrauen

A konfidencia latin eredetű szó (confidentia = önbizalom, bátorság, megbízhatóság), Bakos szerint (1973) a statisztikai jelenségek becslésének megbízhatóságát jelenti. A konfidencia a mérnöki gyakorlatban mind a méretezés, mind az anyag tulajdonságok jellemzése stb. terén gyakran használt fogalom, kifejezés. (visszavont MSZ 256-2:1973)

A konfidencia jellemzőkkel könyvünk 1.6.3. fejezetében foglalkozunk részletesebben.

Lásd még: Konfidenciahatár, Konfidenciaszint, Konfidencia-terjedelem, Szignifikanciaszint

Konfidenciahatár

Angolul: Confidence limit

Németül: Konfidenzgrenze, Vertrauensgrenze

A konfidenciahatár *kétoldali vizsgálat* esetén a megbízhatósági tartománynak (konfidencia-terjedelemnek, konfidencia intervallumnak) az alsó és felső határa, amelyek közé a vizsgált valószínűségi változónak a becslött paramétere (például az átlagértéke vagy a szórásnégyzete) adott valószínűséggel (adott konfidenciaszinten, például $\beta_2 = 0,90$) esik, illetve *egyoldali vizsgálat* esetén a megbízhatósági tartománynak (konfidencia-terjedelemnek, konfidencia intervallumnak) például a felső határa, amely alatt a valószínűségi változónak a becslött

paramétere adott valószínűséggel (adott konfidenciaszinten, például $\beta_1 = 0,95$) helyezkedik el. (visszavont MSZ 256-2:1973), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok), (Hartung et al., 2009), (Engelhardt, A., 2020)

Lásd még: Konfidencia, Konfidenciaszint, Konfidencia-terjedelem

Konfidenciaszint, Megbízhatósági szint, Megbízhatósági valószínűség, Megbízhatósági hányad, Valószínűségi szint

Angolul: Level of confidence

Németül: Konfidenzniveau, Vertrauensniveau

Konfidenciaszintnek azt a kétoldali vizsgálat esetén konfidenciahatárokkal vagy egyoldali vizsgálat esetén konfidenciahatárral kijelölt matematikai statisztikai valószínűséget (sűrűséggörbe alatti területet) nevezzük, amellyel a valószínűségi változó megfelelőnek tartott értékei előfordulnak. (visszavont MSZ 246-1:1956), (visszavont MSZ 256-2:1973), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok), (Hartung et al., 2009), (Engelhardt, A., 2020)

Más szóval a konfidenciaszint a vizsgált tételben a megfelelőségi feltételt kielégítő minták valószínű részaránya.

Jele általában: β , máshol P vagy például az ISO 12491:1997 szabványban: γ .

A konfidenciaszint kapcsolata a szignifikanciaszinttel: $\beta = 1 - \alpha$, illetve $\beta\% = 100 - \alpha\%$, ahol α a szignifikanciaszint.

Például egyoldali vizsgálat esetén a -1,645 konfidenciahatárú, $\beta_1 = 95\%$ -os konfidenciaszintű $N(\mu; \sigma^2) = N(0; 1)$ standardizált normális-eloszlás alulmaradási hányada $\alpha_1 = 1,00 - 0,95 = 0,05$, illetve 5%.

Lásd még: Jellemző érték, Konfidencia, Konfidencia-terjedelem, Konfidenciahatár, Szignifikanciaszint

Konfidencia-terjedelem, Konfidencia intervallum, Megbízhatósági tartomány

Angolul: Confidence interval

Németül: Konfidenzbereich, Vertrauensbereich

Mind a konfidencia (confidentia = önbizalom, bátorság), mind az intervallum (köz, távolság) latin eredetű szó. A matematikában, matematikai statisztikában a konfidencián valamely becslés megbízhatóságát; az intervallumon valamely két adott szám közötti számok, illetve valamely egyenes két adott pontja közötti pontok halmazát értik. A konfidencia intervallum (konfidencia-terjedelem) a matematikai statisztika becsléelméleti fogalma. (visszavont MSZ 256-2:1973), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok), (Hartung et al., 2009), (Engelhardt, A., 2020)

Farkas M. és szerzőtársai (1979) szerint a konfidencia intervallum (konfidencia-terjedelem) egy olyan becslési tartomány, amely adott valószínűséggel tartalmazza az ismeretlen paramétert.

Az átlagérték vagy a szórásnégyzet konfidencia-terjedelemebe (konfidencia intervallumába) nem a halmaz valamely tulajdonságának minden eleme, hanem a halmaz valamely tulajdonsága átlagának vagy szórásnégyzetének értéke esik bizonyos valószínűséggel.

Lásd még: Konfidencia, Konfidenciahatár, Konfidenciaszint

Konglomerát

A konglomerát szó a latin „con” (össze) és a „glomus” (gombolyag) szóból eredő „glomerare”, „glomeratum” (összezsúfol) szó társításával kapott kifejezés.

„A konglomerát gömbölyűre vagy tojás-alakúra koptatott közettörmelék (kavics) utólag összecementezett, kemény rétege, amelynek a kötőanyaga többnyire mész vagy kovasav. Konglomerátumok a legkülönbözőbb korú üledékek között előfordulnak, de többnyire helyi jelentőségűek és nem nagy vastagságúak.” (Uj Lexikon. Negyedik kötet. 1936)

Lásd még: Agglomerát, Breccsa

Konstitúciós víz

Angolul: Water of constitution

Németül: Konstitutionswasser

A konstitúciós víz – amelyet szerkezeti víznek is neveznek – a molekulában a víz elemeinek vegyértékkel kötött állapotában van jelen, és a vegyület bomlásakor ezek a víz elemek víz alakjában szabadulnak fel (*Neumüller* szerk., 2. kötet, 1982).

Lásd még: Kristályvíz

Kontrakció

Angolul: Percentage reduction of area

Németül: Brucheinschnürung

A kontrakció a hosszúság, a felület vagy a térfogat csökkentésének általános elnevezése (*Neumüller* szerk., 2. kötet, 1982).

Az építőmérnöki gyakorlatban kontrakciónak a kellőképpen képlékeny húzott acél-, illetve fémpróbatestek szakadási környezetének legnagyobb keresztmetszet-csökkenését, befűződését nevezzük.

Az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány megfogalmazásában a kontrakció (Z) a fémpróbatest legnagyobb keresztmetszet-változása ($S_0 - S_u$) a szakítóvizsgálat során az eredeti keresztmetszet (S_0) százalékában kifejezve:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$$

A kontrakció fogalmát ugyanígy határozták meg az egykori MOSz 102:1933, MSZ 105-1:1987, MSZ EN 10002-1:2001 szabványban.

Kontrakció nélküli maradó nyúlás szakadás után

Lásd: Egyenletes maradó nyúlás szakadás után

Kontrakció nélküli, azaz egyenletes maradó nyúlás legnagyobb terheléskor (téves magyar fordítás)

A „kontrakció nélküli egyenletes maradó nyúlás legnagyobb terheléskor” a „Deformation of the plastic elongation without necking” *angol kifejezés téves magyar fordítása* a visszavont MSZ EN ISO 6892-1:2010 szabványban. E szabvány újabb kiadásainak nincs hivatalos magyar fordítása. A fogalom helyes magyar fordítása „Egyenletes maradó nyúlás szakadás után”, ezért ilyen címszó alatt tárgyaljuk. Jele: A_{wn}

Az acélok egykori MOSz 102:1933 és MOSz 105-1:1933 szabványa szerint a „ δ_e egyenletes nyúlás az acél próbapálcának a kontrakción kívüli, azaz egyenletesen megnyúlt részének százalékokban kifejezett nyúlása. Meghatározható közvetlen méréssel, ha a pálcát a kísérlet előtt centiméter beosztással látjuk el, vagy, ha az $\ell_{10} = 10 \times d$ és $\ell_5 = 5 \times d$ hosszúságokon mért δ_{10} és δ_5 nyúlások ismeretese, úgy $\delta_e = 2 \times \delta_{10} - \delta_5$ ”. A MOSz 102:1933 szabvány 2. ábrája

szerint a δ_e egyenletes maradó nyúlást a szakítószilárdságnak tekintett σ_B legnagyobb feszültséghez rendelték.

Az egykori MOSz 102:1933 szabványból tudjuk, hogy *Rejtő Sándor* professzor a határértéken lévő egyenletes nyúlást okozó húzófeszültség-értéket húzókeménységnek nevezte.

Lásd még: Betonacél maradó és teljes szakadási nyúlása, Egyenletes maradó nyúlás szakadás után, Kontrakció, Húzókeménység

Konzisztencia

A friss megkevert, bedolgozatlan betonnak, habarcsnak a mozgathatóságát, formálhatóságát, bedolgozhatóságát befolyásoló állaga, a friss beton, habarcs nem fizikai értelmű „viszkózitásának” a technikai kifejezője. A friss beton konzisztenciájának vizsgálati módszereivel az MSZ EN 12350 szabványsorozatban, a friss habarcs konzisztenciájának ejtőasztallal való meghatározásával az MSZ EN 1015-3:2000 szabványban, besüllyedésmérővel való meghatározásával az MSZ EN 1015-4:1999 szabványban foglalkoznak.

A beton konzisztencia osztályai az MSZ 4798:2016 szabványban találhatók.

Kopásállóság

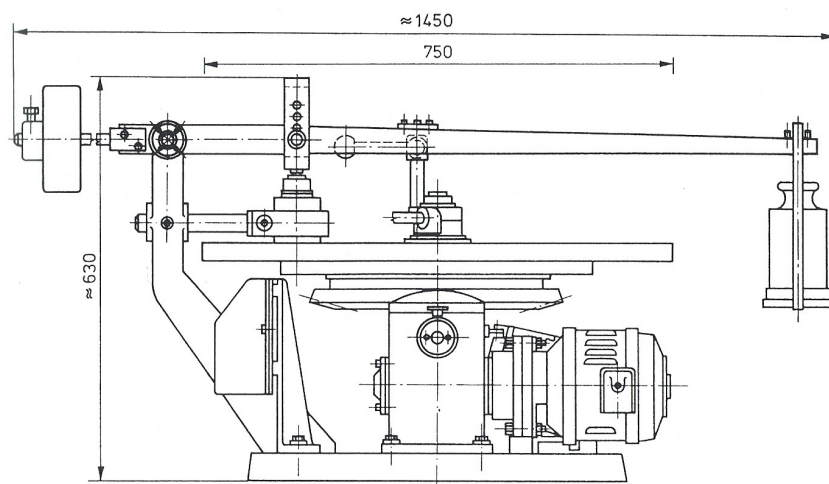
Angolul: Wear resistance, abrasion resistance

Németül: Verschleißwiderstand, Abriebwiderstand

Hazánkban a betonok és az építési kőanyagok kopásállósági vizsgálatának két szabványos módszere terjedt el, ha nem is egyforma mértékben, de talán a leginkább, a régebbi a *Böhme*¹¹⁰-féle módszer (1.5.K10. ábra), és kevésbé az újabb az úgy nevezett „széles koptatókorongos kopási vizsgálat” (angolul: wide wheel abrasion test; németül: Abriebprüfung mit breiter Schleifscheibe) (1.5.K11. ábra); mindkét módszer helyet kapott a természetes építőkövek MSZ

¹¹⁰ *Emil Paul Böhme* (1838, Berlin – 1894, Charlottenburg) német építőanyag-kutató, egyetemi tanár, a Charlottenburgi Műszaki Főiskola (ma Technische Universität Berlin) Királyi Építőanyagvizsgáló Állomásának (Königliche Prüfungsstation für Baumaterialien bei der Technischen Hochschule Charlottenburg) vezetője, a *Böhme*-féle kopási vizsgálat módszerének és vizsgáló berendezésének, a *Böhme*-féle koptatógépnek a kifejlesztője. Számos tanulmánya a berlini királyi műszaki kutatóintézetek közleményeként („Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin”) jelent meg.
Hasonló(https://de.wikipedia.org/wiki/Emil_Paul_Böhme).

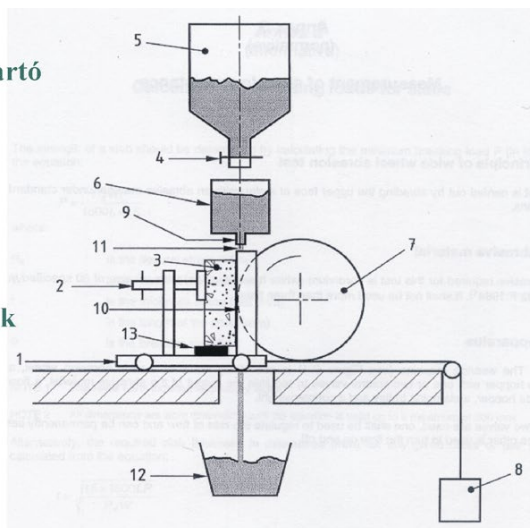
EN 14157:2018 kopásállóság-vizsgálati szabványában. A *Böhme*-féle módszer idehaza régóta szabványos (MNOSZ 1221:1951, MNOSZ 1991:1951, MSZ 1991:1967, MSZ 18290-1:1981).



1.5.K10. ábra:

Böhme-féle
kopásállóság vizsgáló
készülék (MSZ
18290-1:1981, MSZ
EN 14157:2018)

1. Mozdítható próbatesttartó
2. Állítócsavar
3. Próbatess
4. Szabályozó csap
5. Csiszolópor előtartály
6. Csiszolópor tartály
7. Koptatókorong
8. Ellensúly
9. Csiszolópor kifolyócsanak
10. Kopásnyom
11. Csiszolópor kifolyás
12. Csiszolópor gyűjtő
13. Ék



1.5.K11. ábra:

Széles
koptatókorongos
kopásállóság vizsgáló
készülék (MSZ EN
14157:2018)

Az MSZ EN 14157:2018 szabvány B. módszere szerint a természetes építőkövek kopásállóságát a *Böhme*-féle eljárással lehet vizsgálni.

Az MSZ EN 14157:2018 szabvány A. módszere a természetes építőkövek, az MSZ EN 14617-4:2012 szabvány pedig a műkövek széles koptatókorongos kopási vizsgálatáról szól, amely utóbbi szerint kell a természetes külső útburkoló kőlapok kopásállóságát is vizsgálni (MSZ EN 1341:2013).

A „széles koptatókorongos kopási vizsgálat” leírása magyar nyelven a visszavont MSZ EN 1341:2002 szabvány C. mellékletében olvasható.

Az esztrichhabarcsok kopásállóságát az MSZ EN 13892-3:2015 szabvány szerint vizsgáljuk a *Böhme*-féle módszerrel.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a kopásálló betont a körülményektől függően az XK1(H), XK2(H), XK3(H) vagy XK4(H) környezeti osztályba kell sorolni (lásd könyvünk 10. fejezetét), amely osztályokban a 28 napos korú beton MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti *Böhme*-féle eljárással meghatározott ΔV térfogatvesztése nem lépheti túl

- száraz koptatás esetén rendre a 14000, 12000, 10000, 8000 mm³ értéket;
- vizes koptatás esetén rendre a 21000, 18000, 16000, 14000 mm³ értéket.

Hasonló, de több kopásállósági osztály, illetve fokozat szerepelt a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás „Kopásálló betonok” című 9. fejezetében, amely az építési kőanyagok

vizsgálatára kidolgozott MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti *Böhme*-féle vizsgálati eljárás betonok vizsgálatára módosított (adaptált) változata.

Megjegyezzük, hogy az MSZ 18290-1:1981 szabvány 7.1.2 szakaszában, illetve a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 9.6.2.6. szakaszában a ΔV térfogatveszteség összefüggése helyesen:

$$\Delta V = 0,001 \times \left(1 - \frac{G'}{G}\right) \times V \quad [\text{cm}^3]$$

ahol:

G = a próbatest tömege koptatás előtt, g

G' = a próbatest tömege koptatás után, g

V = a próbatest térfogata vizsgálat előtt, mm³

Megjegyzés: Az MSZ EN 1097-1:2012 szabvány szerint a kőanyagalmazatok mikro-Deval vizsgálata kopásállóság-vizsgálat (Determination of the resistance to wear – micro-Deval), ezzel szemben a hazai műszaki nevezéktan szerint a mikro-Deval vizsgálat nem kopásállóság, hanem aprózódási vizsgálat.

Az esztricheket a *Böhme*-féle kopásállósági osztályba az MSZ EN 13892-3:2015, a BCA (British Cement Association) kopásállósági osztályba az MSZ EN 13892-4:2003 és az RWA (Rolling Wheel Abrasion) görgősszékállósági osztályba az MSZ EN 13892-5:2003 szabvány szerint kell sorolni.

Ajánlott irodalom: *Kausay* (Építőanyag. 1983. 1., 9. és 10. szám)

Lásd még: Aprózódási csoport, Esztrich

Korai nyomószilárdsági osztály

A legfeljebb 24 órás korú lövellt betont – amelyet fiatal lövellt betonnak neveznek – szokás az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerint korai nyomószilárdsággal jellemezni, illetve a J1, J2 vagy J3 jelű korai nyomószilárdsági osztályba sorolni.

Lásd még: Lövellt beton

Korrelációs együttható (hányados, koefficiens)

A korrelációs együttható a lineáris regressziós függvény-kapcsolat szorosságának kifejezésére szolgáló fogalom és érték, más szóval a kapcsolat szorosságának egyik mérőszáma:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2}}$$

ahol:

Y_i = a regressziós függvényből (a trend-egyenes egyenletéből) számított függő változó,

y_i = mért függő változó,

n = mérési adatpárok száma

A korrelációs együttható értéke 0 és 1 közötti szám, ha $\Sigma(Y_i - y_i)^2 \leq \Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2$, ellenkező esetben imaginárius (képzetes) szám. Jó illeszkedés esetén a korrelációs index értéke 1-hez közelít, míg laza illeszkedés esetén a korrelációs index 0-hoz közelebb eső vagy imaginárius szám.

A korrelációs együttható négyzete ($R_{Y,Y}^2$) a lineáris regressziós függvény (egyenes trendvonal) determinációs együtthatója ($B_{Y,Y, \text{egyenes}} = R_{Y,Y}^2$).

A nem lineáris függvény-kapcsolat szorosságát a korrelációs indexszel szoktuk kifejezni.

Lásd még: Determinációs együttható, Korrelációs index, Korrelációs számítás, *Pearson*-féle korrelációs együttható

Korrelációs index

A korrelációs index (*Lukács O.*, 2002) a nem lineáris regressziós függvény-kapcsolat szorosságának kifejezésére való fogalom és érték, a kapcsolat szorosságának egyik mérőszáma:

$$I = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2}}$$

ahol:

Y_i = a regressziós függvényből (a trend-görbe egyenletéből) számított függő változó,

y_i = mért függő változó,

n = mérési adatpárok száma

A korrelációs index értéke 0 és 1 közötti szám, ha $\Sigma(Y_i - y_i)^2 \leq \Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2$, ellenkező esetben imaginárius (képzetes) szám. Jó illeszkedés esetén a korrelációs index értéke 1-hez közelít, míg laza illeszkedés esetén a korrelációs index 0-hoz közelebb eső vagy imaginárius szám.

A korrelációs index négyzete ($I_{Y,y}^2$) a nem lineáris regressziós függvény (trend-görbe) determinációs együtthatója ($B_{Y,y,\text{görbe}} = I_{Y,y}^2$).

A lineáris függvény-kapcsolat szorosságát a korrelációs együtthatóval szoktuk kifejezni.

Lásd még: Determinációs együttható, Korrelációs együttható, Korrelációs számítás, *Pearson*-féle korrelációs együttható

Korrelációs számítás

A korrelációs számítás feladata a valószínűségi változók közötti kapcsolatok jellemzése, a kapcsolatok erősségének kifejezése és ezek meghatározása tapasztalati adatok (vizsgálati, mérési eredmények) alapján.

Tágabb értelemben a regressziós görbék (trendvonalak) meghatározása is a korrelációs számítás feladata.

Lásd még: Determinációs együttható, Korrelációs együttható, Korrelációs index, Regressziószámítás, Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere, *Pearson*-féle korrelációs együttható

Korrigált szórás

Lásd: Korrigált tapasztalati szórás

Korrigált tapasztalati szórás

A tapasztalati szórás, amelyet empirikus szórásnak is neveznek, matematikai statisztikai fogalom, a statisztikai mintaelemek átlagtól való eltérések négyzete átlagának négyzetgyöke:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

ahol:

x_i = az i -edik mintaelem (valószínűségi változó) értéke,

$\bar{x} = \Sigma x_i/n$ = a mintaelemértékek (valószínűségi változó) átlaga,

n = a mintaelemek száma

A vizsgálati eredményekből meghatározható tapasztalati szórás (s_n) a vizsgálati sokaság elméleti szórásának (σ) a közelítő értéke. Az a gyakorlati követelmény, hogy a mintaelemek (a

valószínűségi változó) tapasztalati szórása megegyezzen a vizsgálati sokaság szórásával, nem teljesül. Bizonyítható azonban, hogy ha a tapasztalati szórás s_n összefüggésében a $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ hibanégyzetösszeget n helyett $(n - 1)$ -gyel osztjuk, akkor az ilyen módon korrigált tapasztalati szórás (s_{n-1}) az n mintaelemszámtól függően megegyezik a σ elméleti szórással (Lukács O., 2002). A korrigált tapasztalati szórás összefüggése tehát:

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Minél jobban tart a vizsgálati eredmények száma (n) a végtelenhez ($n \rightarrow \infty$), annál jobban közelít a tapasztalati szórás (s_n) és a korrigált tapasztalati szórás (s_{n-1}) az elméleti szóráshoz ($s_n \rightarrow \sigma$, illetve $s_{n-1} \rightarrow \sigma$).

A tapasztalati szórás és a korrigált tapasztalati szórás mértékegysége megegyezik a mintaelem (a valószínűségi változó) mértékegységével.

Lásd még: Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása, Variancia, Szórás

Korrózió

A korrózió klasszikus értelemben a kémiai vagy elektrokémiai reakció által okozott káros – tehát nem szándékosan előidézett – elváltozást jelent, amellyel régebben csak a fémek „szétrágódását” fejezték ki (szétrágni latinul: *corrodere*). Napjainkban már szinte minden anyag kémiai károsodását, súlyosabb esetben tönkremenetelét korróziónak nevezik, akkor is, ha nem az anyag felületéről indul ki.

Lásd még: Acélbetét korróziója, Betonkorrózió, Biogén kénsav okozta korrózió

Kor-tényező

Angolul: Age factor

Németül: Altersexponent

A beton tartósságára utaló kor-tényező (α) azt fejezi ki, hogy a t korú, legalább 50 éves, hosszú élettartamú beton valószínűsíthető – feltéve idővel csökkenő - diffúziós együtthatója (D_t) hányad része a t_0 kezdeti időpontban mért kezdeti diffúziós együtthatónak (D_0):

$$\alpha = \frac{D_t}{D_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-n}$$

ahol:

t = a beton kora;

t_0 = kezdeti vizsgálati időpont, amely általában 28 nap és az azt követő 35 vagy 90 nap vizsgálati idő;

n = apasztó, a D_t diffúziós együttható időbeni csökkenésének mértékét jelző kitevő, amelynek értéke a belső-külső körülményektől, elsősorban például a beton tömörségétől, a külső klorid-koncentrációtól és a hőmérséklettől függ.

Az α kor-tényező fenti egyenletének rendezésével a t korú beton valószínűsíthető D_t diffúziós együtthatójára jutunk (BAW Merkblatt MDCC, 2019), (IGF-Vorhaben 21826 N, 2024), (Andrade et al., 2011):

$$D_t = D_0 \times \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-n}$$

A beton kor-tényezője (α) elsősorban a kötőanyag-összetevők fajtájától és mennyiségétől függő változó, amely a betont kedvezőbb körülmények között (például nagyobb betontömörséghez,

kisebb külső klorid-koncentrációhoz, kisebb külső hőmérséklethez tartozó nagyobb n apasztó kitevő érték esetén) hamarabb (kevesebb t év múlva), kedvezőtlenebb körülmények között (például kisebb betontömörséghez, nagyobb külső klorid-koncentrációhoz, nagyobb külső hőmérséklethez tartozó kisebb n apasztó kitevő érték esetén) később (több t év múlva) jellemzi. A kezdeti vizsgálathoz tartozó kezdeti diffúziós együttható (D_0) az idő folyamán a későbbi, t idejű diffúziós együtthatóra (D_t) annál jobban csökken, azaz a beton annál tartósabb, mennél nagyobb az apasztó kitevő értéke a kezdeti $n = 0,0$ értékhez képest.

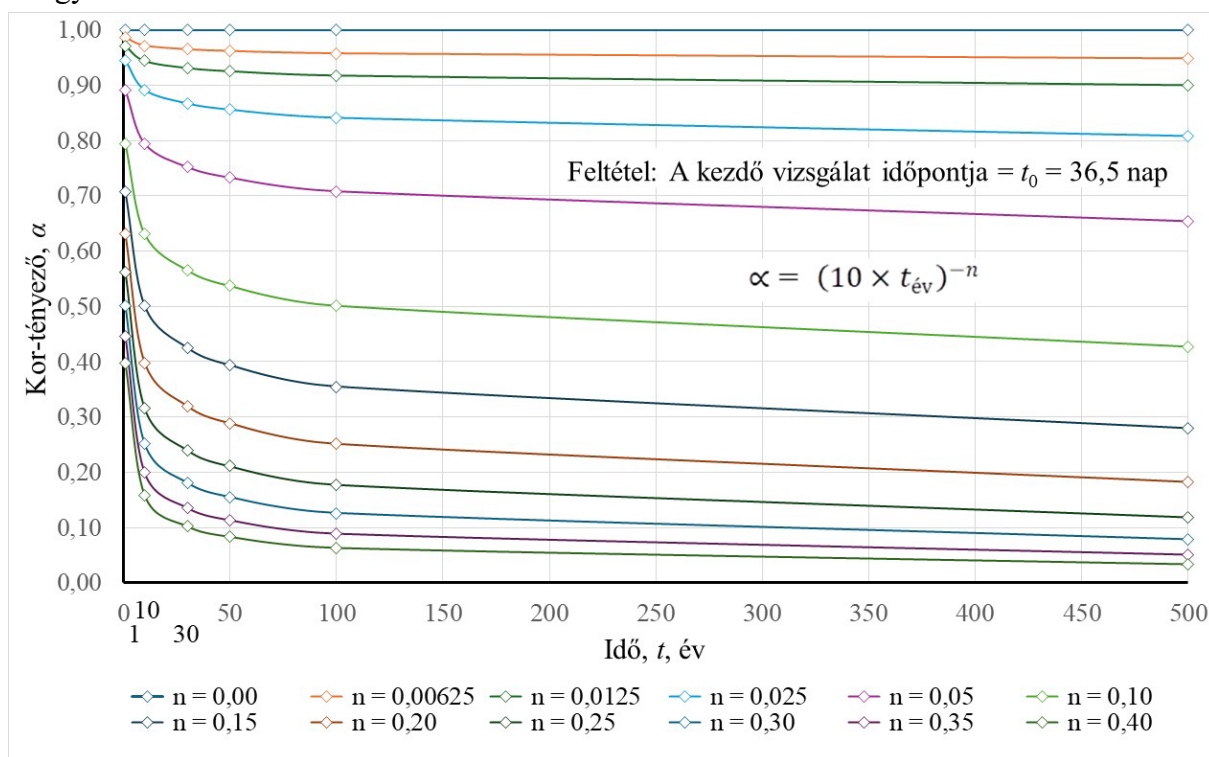
Ha az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy a kezdeti vizsgálat időpontja: $t_0 = 36,5$ nap, akkor például az 1, a 10, az 50, a 100 és az 500 éves beton kora ($t_{\text{év}}$) napokban kifejezve rendre ($t_{\text{nap}} = 10 \times t_0$, $100 \times t_0$, $500 \times t_0$, $1000 \times t_0$ és $5000 \times t_0$ nap, azaz $t_{\text{nap}} = 10 \times t_{\text{év}} \times t_0$). E feltételezéssel a $t_{\text{év}}$ korú beton kor-tényezője a következő alakot ölti:

$$\alpha = \frac{D_t}{D_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-n} = \left(\frac{10 \times t_{\text{év}} \times t_0}{t_0}\right)^{-n} = (10 \times t_{\text{év}})^{-n},$$

tehát például:

- az 1 éves beton kor-tényezője: $\alpha_{t=1 \text{ év}} = 10^{-n}$;
- a 10 éves beton kor-tényezője: $\alpha_{t=10 \text{ év}} = 10^{-2n}$;
- az 50 éves beton kor-tényezője: $\alpha_{t=50 \text{ év}} = 5 \times 10^{-2n}$;
- a 100 éves beton kor-tényezője: $\alpha_{t=100 \text{ év}} = 10^{-3n}$,
- az 500 éves beton kor-tényezője: $\alpha_{t=500 \text{ év}} = 5 \times 10^{-3n}$,

ahogy az 1.5.K12. ábrán látni.



1.5.K12. ábra: Különböző n értékekhez tartozó α kor-tényező a beton években kifejezett t kora függvényében, ha a kezdő vizsgálat időpontja $t_0 = 36,5$ nap

Az irodalomban az α kor-tényezőt többféle módon értelmezik (BAW Merkblatt MDCC, 2019), (Andrade et al., 2011):

- $\alpha_{\text{app}} = \alpha_{\text{app}}$ = kor-tényező a látszólagos diffúziós együttható (apparent diffusion coefficient) hátralévő hasznos élettartam alatti változásának becsléséhez, amelyet regressziós elemzéssel határoznak meg az építmény klorid-tartalmi állapotából vagy egyszerűsítve a szakirodalomból;

- $\alpha_{\text{nss}} = \alpha_{\text{ns}} =$ kor-tényező a nem állandó diffúziós együttható (non steady diffusion coefficient) változásának becsléséhez újonnan épített szerkezeti elemek méretezéséhez és a régebben készült szerkezeti elemek helyreállításához betoncserével, amelyet diffúziós kísérletekkel a DIN EN 12390-11 szabvány szerint határoznak meg;
- $\alpha_{\text{RCM}} =$ kor-tényező újonnan épített szerkezeti elemek méretezéséhez és a régebben készült szerkezeti elemek helyreállításához betoncserével, amelyet gyors klorid-migrációs (rapid chloride migration) vizsgálatokon alapuló szakirodalomból határoznak meg.

A kor-tényező néhány kötőanyag-fajta esetén megengedett legnagyobb értékét az 1.5.K4. és az 1.5.K5. táblázatban tüntettük fel.

1.5.K4. táblázat: A kor-tényező megengedett legnagyobb értéke néhány kötőanyag-fajta esetén a BAW Merkblatt MDCC, 2019 műszaki útmutató szerint

Kötőanyag-fajta	Kor-tényező megengedett legnagyobb értéke $\alpha_{\text{pp, legyen}} \leq$, illetve $\alpha_{\text{RCM, legyen}} \leq$
CEM I, CEM II/A-LL	0,30
CEM II/A-S	0,35
CEM II/B-S	0,37
CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II/A-Q, CEM II/A-T, CEM II/B-P, CEM II/B-Q, CEM II/B-T, CEM III/A	0,40
CEM III/B, CEM III/C	0,45
CEM III/A + kb. 10% pernye	0,50
CEM II + kb. 20% pernye	0,55
CEM II/A-V, CEM II/B-V	0,60

1.5.K5. táblázat: A kor-tényező megengedett legnagyobb értéke néhány kötőanyag-fajta esetén az EN 206-100 DRAFT 14:2023 szabványtervezet szerint az XRDS klorid-ellenállási osztályba való besoroláshoz (IGF-Vorhaben 21826 N, 2024)

Kötőanyag-fajta	Kor-tényező megengedett legnagyobb értéke $\alpha_{\text{legyen}} \leq$
CEM I, CEM II/A pernye, kohósalak vagy mészkő főalkotórésszel	0,30
Cement vagy egyéb kötőanyag 8-12% szilikapor főalkotórésszel	0,40
Cement vagy egyéb kötőanyag 20-24% pernye főalkotórésszel	0,50
Cement vagy egyéb kötőanyag 20-45% kohósalak főalkotórésszel	
Cement vagy egyéb kötőanyag legalább 25% pernye főalkotórésszel	0,60
Cement vagy egyéb kötőanyag legalább 46% kohósalak főalkotórésszel	

Az *Kor-tényező 1* és *Kor-tényező 2. táblázat* szerint például a CEM I portlandcement-tartalmú beton akkor tartós, ha általa a D_t diffúziós együttható a D_0 kezdeti diffúziós együtthatónak

legfeljebb 30%-a lesz, azaz a kor-tényező nem lépi túl az $\alpha = 0,30$ értéket (a kor-tényezőnek le kell csökkenie legalább 0,30 értékre: $\alpha \leq 0,30$); vagy a CEM II/B-V pernye-portlandcement-tartalmú beton akkor tartós, ha általa a D_t diffúziós együttható a D_0 kezdeti diffúziós együtthatónak legfeljebb 60%-a lesz, azaz a kor-tényező nem lépi túl az $\alpha = 0,60$ értéket (elegendő, ha a kor-tényező csak 0,60 értékre csökken: $\alpha \leq 0,60$);

A tartós beton kor-tényezőjének túl nem léphető értéke az EN 206-100 DRAFT 14:2023 szabványtervezet szerint $\alpha = 0,6$ ($\alpha_{\text{legyen}} \leq 0,60$), a *fib Bulletin 76* (Gehlen et al., 2015) javaslata szerint $\alpha = 0,8$ ($\alpha_{\text{legyen}} \leq 0,80$) és *Spránitz et al. (2024)* javaslata szerint $\alpha = 0,9$ ($\alpha_{\text{legyen}} \leq 0,90$). E feltétel az idő függvényében nagyobb n apasztó kitevő érték (kedvezőbb, de változatlan külső körülmények) esetén hamarabb (néhány évtizeden belül), kisebb n apasztó kitevő érték (kedvezőtlenebb, de változatlan külső körülmények) esetén később (akár csak néhány évszázad múlva) teljesül.

A beton kor-tényezőjét a kötőanyag-fajták kor-tényezőjének tömegarány szerint súlyozott összegezésével (szuperponálásával) határozzák meg.

Lásd még: Hosszú élettartamú beton, Pórushossz

Kovalens kötés

Lásd: Atomos kötés

Kovariancia

Angolul: Covariance

Németül: Kovarianz

A kovariancia az n számú értékpárt alkotó x független változó és y függő változó átlagtól való eltérései szorzatának várható értéke (átlaga):

$$\text{Cov}(X,Y) = \frac{\sum \left(\left(x_i - \frac{\sum x_i}{n} \right) \times \left(y_i - \frac{\sum y_i}{n} \right) \right)}{n-1} = E(X - EX) \times (Y - EY)$$

ahol az $E(X - EX) \times (Y - EY)$ kifejezés a kovariacia kifejtésének irodalomban szokásos alakja, amelyben E a várható érték (átlag, angolul: expected value, németül: Erwartungswert) jele (*Hartung et al., 2009*).

Lásd még: *Pearson*-féle korrelációs együttható

Kovasav

Más néven szilika. A kovasav azoknak a vegyületeknek az általános neve, amelyek szilíciumhoz kötött oxidokat és hidroxilcsoportokat (-OH) tartalmaznak. Változatai például a metakovasav (H_2SiO_3), az ortokovasav (H_4SiO_4), a dikovasav ($\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) a pirokovasav ($\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$).

A kovasav sói a szilikátok, anhidridje a kvarc.

Lásd még: Kvarc, Szilika, szilikagél; Szilikát

Kovasavanhidrid

Kovasavanhidrid a kvarc (szilícium-dioxid, SiO_2), amelyet anhidrosavnak is neveznek.

Lásd még: Kovasav, Savanhidrid

Kovácsolt rúd

Angolul: Forged bar

Németül: Geschmiedeter Stab

Az MSZ EN 10079:2007 szabvány szerint a kovácsolt rudak kovácsolással készített termékek, amelyeket melegalakítással tovább nem dolgoznak fel.

Lásd még: Acélgyártás, Kovácsvas

Kovácsvas, kovácsolható vas, kovácsoltvas

Angolul: Wroughgt iron

Németül: Schmiedeeisen

A kovácsvas régi szakirodalmi megnevezés, amely mai fogalmaink szerint a szerkezeti és a lágyacélok közé tartozó, viszonylag kis szénttartalmú (0,01- 0,3%, olykor 0,1-0,6%), meleg- és hidegalakítással (kovácsmunkával) formálható régi vas-szén ötvözeteket jelent, amelyek mai értelmezésünk szerint acélnak tekintendők. A kovácsvasat eleinte közvetlen kohászati eljárással, később nyersvasból különböző frissítési technológiákkal állították elő. A készítés módja szerint két típusa volt a hegeszvas (hegesztett vas) és a folytvas (folyasztott vas, ömlesztett vas). (Vidovszky, 2007)

Lásd még: Acélgyártás, Folytvas, Hegeszvas, Kovácsolt rudak

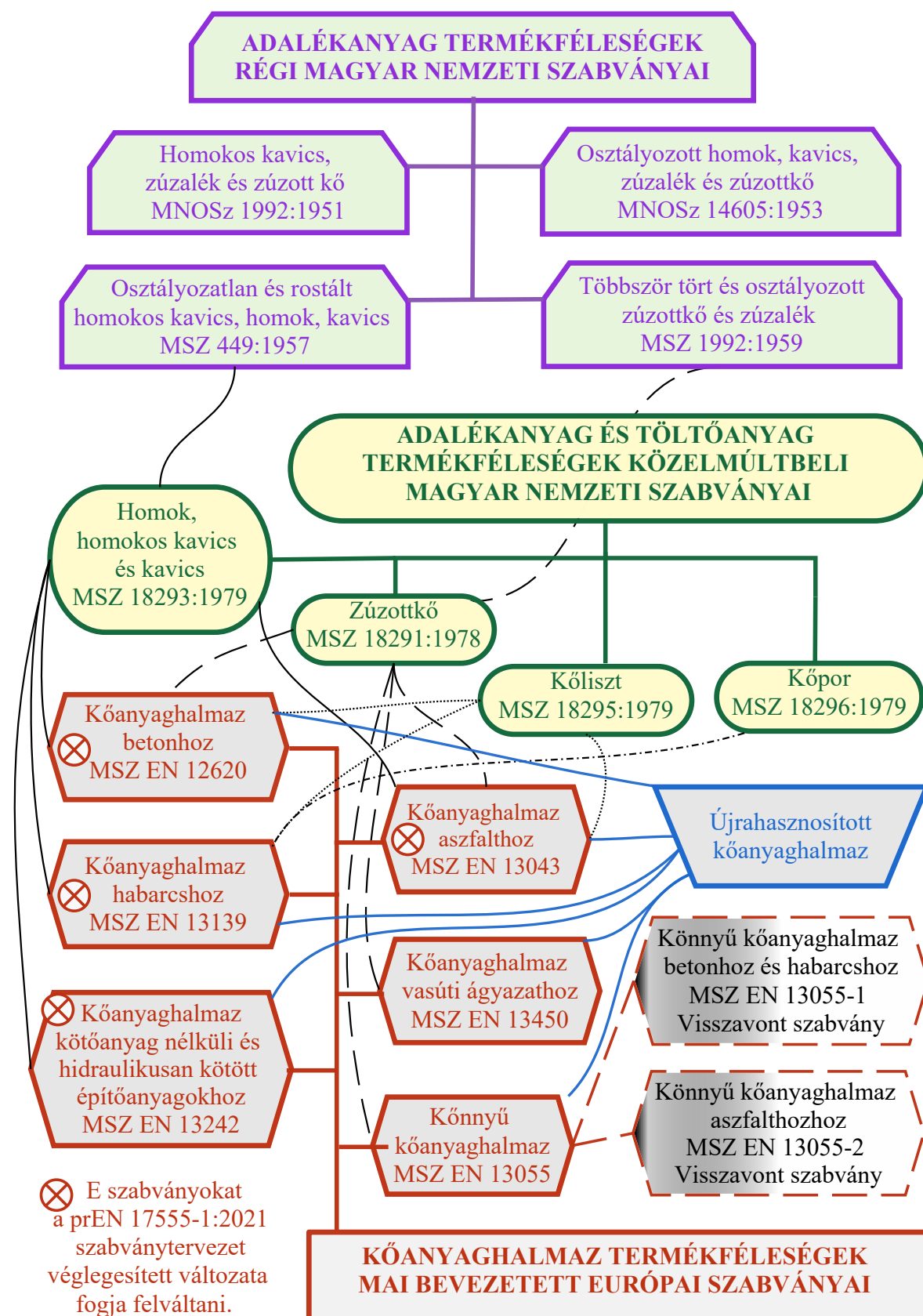
Kőanyaghalmoz

Angolul: Aggregate

Németül: Gesteinskörnung

A kőanyaghalmoz építési célra használt szemhalmoz (MSZ EN 12620:2002+A1:2008).

A homok, homokos kavics, kavics, zúzottkő, kőliszt és kőpor tárgyú egykori magyar nemzeti adalékanyag termékszabványokat hét – napjainkra hatra csökkentett – új európai kőanyaghalmoz termékszabvány váltotta fel (1.5.K13. ábra), amelyek közül kettő, az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 és az MSZ EN 13055:2016 foglalkozik a betonadalékanyagokkal, függetlenül azok anyagi mivoltától (tehát például a homok, kavics, zúzottkő, mészkőliszt stb. megnevezéseket egyik sem tartalmazza). Az európai betonadalékanyag (MSZ EN 12620:2002+A1:2008) és könnyű adalékanyag (MSZ EN 13055:2016) szabvány a kőlisztek és az újrahasznosított adalékanyagok tulajdonságait is tárgyalja.



1.5.K13. ábra: A kőanyaghalmoz-féleségek egykori magyar nemzeti és mai bevezetett európai termékszabványai kapcsolatának áttekintése

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 európai szabvány szerint a betonadalékanyagok csoportjába tartozik a *durva kőanyaghalmoz* (coarse aggregate, grobe Gesteinskörnung), a *finom*

kőanyaghalmoz (fine aggregate, feine Gesteinskörnung), az *osztályozott kőanyaghalmoz* (aggregate size, Korngruppe), a *kőanyaghalmoz-keverék* (all-in aggregate, Korngemisch), a *természetes szemmegoszlású kőanyaghalmoz* (natural graded aggregate, natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung) és a *kőliszt* (filler aggregate, Füller = Gesteinsmehl), továbbá a *finomrész* (fines, Feinanteil), valamint az *újrahasznosított kőanyaghalmoz* (recycled aggregate, rezyklierte Gesteinskörnung).

A *durva kőanyaghalmoz* legkisebb szemnagysága $d \geq 2$ mm, legnagyobb szemnagysága $D \geq 4$ mm (eszerint a 2/4 mm szemhalmazhatárú osztályozott homok durva kőanyaghalmoznak számít), a *finom kőanyaghalmoz* (amely törésből is származhat) legnagyobb szemnagysága $D \leq 4$ mm, legkisebb szemnagysága $d = 0$. Az „osztályozott termék”-nek, „frakció”-nak megfelelő *osztályozott kőanyaghalmoz* legkisebb szemnagysága $d > 0$ mm, és a legkisebb és legnagyobb szemnagyságának hányadosa d/D . Az „előírt szemmegoszlású termék” neve *kőanyagkeverék*, legnagyobb szemnagysága $D \leq 45$ mm, legkisebb szemnagysága $d = 0$, és szemmegoszlási görbéje határértékek között kell, hogy elhelyezkedjék. A *természetes szemmegoszlású*, glaciális vagy folyami eredetű, de keveréssel is előállítható *kőanyaghalmoz* legnagyobb szemnagysága $D \leq 8$ mm, legkisebb szemnagysága $d = 0$. A *kőliszt* és a *finomrész* legnagyobb szemnagysága $D \leq 0,063$ mm. (MSZ EN 12620:2002+A1:2008)

A prEN 17555-1:2021 szabványtervezet előszava szerint a betonok, a habarcsok, a műtárgy- és útépitésben használt kötőanyag nélküli és hidraulikusan kötött építőanyagok és az utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékei és aszfalt felületi bevonatai adalékanyagainak termékszabványait (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, MSZ EN 13043:2003) összevontan fel fogja váltani az építmények adalékanyagainak EN 17555-1 termékszabványa. E szabványok összevonásához a prEN 17555-2:2021 szabványban fűznek magyarázatokat.

Hazánkban az e-UT 05.01.11:2009 (zúzottkövek és zúzottkavicsok útalapokhoz), az e-UT 05.01.12:2008 (aszfaltadalékanyagok), az e-UT 05.01.13:2008 (kőliszt) és az e-UT 05.01.14:2009 (betonadalékanyagok) ütügyi műszaki előírást 2019. január 1-jén az e-UT 05.01.15:2018 ütügyi műszaki előírás váltotta fel, amely az európai termékszabványok feltételrendszeréből az MSZ EN 13043:2003 (aszfaltadalékanyagok), az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 (betonadalékanyagok), az MSZ EN 13139:2006 (habarcsadalékanyagok) és az MSZ EN 13242:2002+A1:2008 (kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek) szabvány szerinti kőanyaghalmoz-termékek magyarországi országos, helyi és közforgalmi magán útépitési és közúti műtárgyépítési alkalmazási és megfelelőség-értékelési feltételeit és minőségi követelményeit határozza meg.

Az e-UT 05.01.15:2018 ütügyi műszaki előírás alapján a beépített rétegből vagy szerkezetből kivett minta alapján a kőanyaghalmoz utólagosan nem minősíthető.

Az e-UT 05.01.15:2018 ütügyi műszaki előírás a KZ (különleges zúzottkő), NZ (nemes zúzottkő), Z (zúzottkő), ZH (zúzott homok), ZK (zúzottkavics), OH (osztályozott homok), OK (osztályozott kavics) és HK (homokos kavics) termékcsoporthoz követelményeit tartalmazza.

Az újrahasznosított kőanyaghalmozok tárgyalása az e-UT 05.01.15:2018 ütügyi műszaki előírásban újdonságnak számít. A pályalemezektől visszanyert beton újrafelhasználásával az e-UT 05.02.54:2006 ütügyi műszaki előírás, az újrahasznosított betonhulladék adalékanyagú útbeton és alapanyagok követelményeivel és megfelelőség-értékelésével az e-UT 05.02.31:2008 ütügyi műszaki előírás foglalkozik.

Az építési és bontási inert hulladékok feldolgozásából előállított kőanyaghalmozok alkalmazásának hazai magasépítési feltételeit az ÉPMI 4/2019. építésügyi műszaki irányelvben szabályozták.

A földművek anyagait az MSZ EN 16907-2:2018 szabványban sorolták osztályokba.

Ajánlott irodalom: Kausay T.: Állásfoglalás az ÚT 2-3.601:2006 „Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok” című üti műszaki előírás elvi alapjainak védelmében (<http://www.betonopus.hu/notesz/szabv-eszrevetel/zuzottko-2006-ume-allasfogl.pdf>)

Lásd még: Adalékanyag

Kőliszt

A kőliszt a betonkészítéshez esetlegesen kiegészítőanyagként használt természetes eredetű finomszemű kőanyag. Minőségét egyebek mellett jelentősen befolyásolja az előállítás módja, nevezetesen, hogy aprított (zúzott, tört) szemekből őrléssel, vagy az aprítás során keletkező finomszemekből gyártják.

A visszavont MSZ 18295:1979 szabványban kőlisztnek a természetes, legalább D közetfizikai csoportú kőzetek művi aprításából származó, meghatározott szemmegoszlású, legfeljebb 0,63 mm legnagyobb szemnagyságú kőbányászati terméket nevezték.

Lásd még: Adalékanyag, Kőanyaghalmoz, Kőörlemény, Kőpor

Kőművescement

A kőművescement a szó szoros értelmében véve nem cement, hanem tulajdonképpen javított mészpuccolán-féleség, és bár az MSZ EN 413-1:2011 szabványban hidraulikus kötőanyagként nevezik, mégis inkább a gyengén hidraulikus kötőanyagok csoportjába tartozik.

Érdekes, hogy mészpuccolánt az egykori – 1995. augusztus 1-jén visszavont – MNOSZ 4716:1954, illetve mai jelöléssel MSZ 4716:1954 szabványban is hidraulikus kötőanyagként nevezték, annak ellenére, hogy az alapanyaga hidrátvíz-tartalmú eruptív eredetű tufa őrleménye és porráoltott fehér mész volt, és legfeljebb 10 tömeg% portlandcementklinker-örleményt tartalmazott.

A mai kőművescementet csak falazóhabarcs és kül- és beltéri vakolóhabarcs készítéséhez szabad használni, betonkészítésre nem alkalmas.

Az MSZ EN 413-1:2011 szabvány szerinti kőművescement fajtái 2004 óta (MSZ EN 413-1:2004): MC 5, MC 12,5 és MC 22,5 X, valamint MC 22,5 X, továbbá 2011 óta: MC 22,5 is, ahol a számjel a 28 napos, az MSZ EN 196-1:2016 szabvány szerint meghatározott, előírt szilárdságot jelenti. A betűjel az angol „Masory cement” kifejezés rövidítése: MC.

X-szel azokat a kőművescementeket jelölik, amelyek nem tartalmaznak légbuborékképző (légpórusképző) adalékszer.

Az MSZ EN 413-1:2011 szabvány szerinti MC 5 szilárdsági osztályú kőművescement portlandklinker tartalma legalább 25 tömeg%, az MC 12,5 és MC 22,5 szilárdsági osztályú kőművescement portlandklinker tartalma legalább 40 tömeg%.

A kőművescementből készített friss habarcs kötési idejét, konzisztenciáját, vízmegtartóképességét és levegőtartalmát az MSZ EN 413-2:2017 szabvány szerint, a kőművescement többi tulajdonságát az MSZ EN 196 szabványsorozat szerint kell vizsgálni.

Lásd még: Gyengén hidraulikus kötőanyagok, Mészpuccolán

Könnyű adalékanyag

Adalékanyag, amelynek szemei testsűrűsége 110 ± 5 °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban legfeljebb 2000 kg/m^3 , és a halmazsűrűsége ugyanígy kiszáritott és laza állapotban legfeljebb 1200 kg/m^3 . Betonanyagú újrahasznosított könnyű adalékanyag esetén a száritást 60 ± 5 °C hőmérsékleten kell végezni.

Könnyűbetonok

Könnyűbetonnak összefoglaló néven az adalékanyaggal készített egyszemcsés, nagyhézagterfogatú és a folyamatos szemmegoszlású, tömör, teherbíró (teherhordó), és/vagy hőszigetelő, 28 napos korban, 60 ± 5 °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban 2000 kg/m^3 -nél kisebb testsűrűségű, úgy nevezett *adalékanyagos könnyűbetonokat*, és a (cementes) mészhabarcsból, cementpépből, cementhabarcsból sejtesítéssel készített, úgy nevezett *sejtesített könnyűbetonokat* nevezzük, amelyek lehetséges csoportosítását alapanyagok és készítmód alapján az *1.5.K14. ábrán*, testsűrűség és nyomószilárdság alapján az *1.5.K15. ábrán* mutatjuk be.

A Model Code 2010 5. fejezete szerint az adalékanyagos könnyűbetonok legkisebb nyomószilárdsági osztálya LC8 és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya LC80.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány a $800\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$ közötti testsűrűségű, folyamatos szemmegoszlású, adalékanyagos könnyűbetonokkal foglalkozik, amelyek nyomószilárdsági osztálya LC 8/9 – LC 80/88 közé esik.

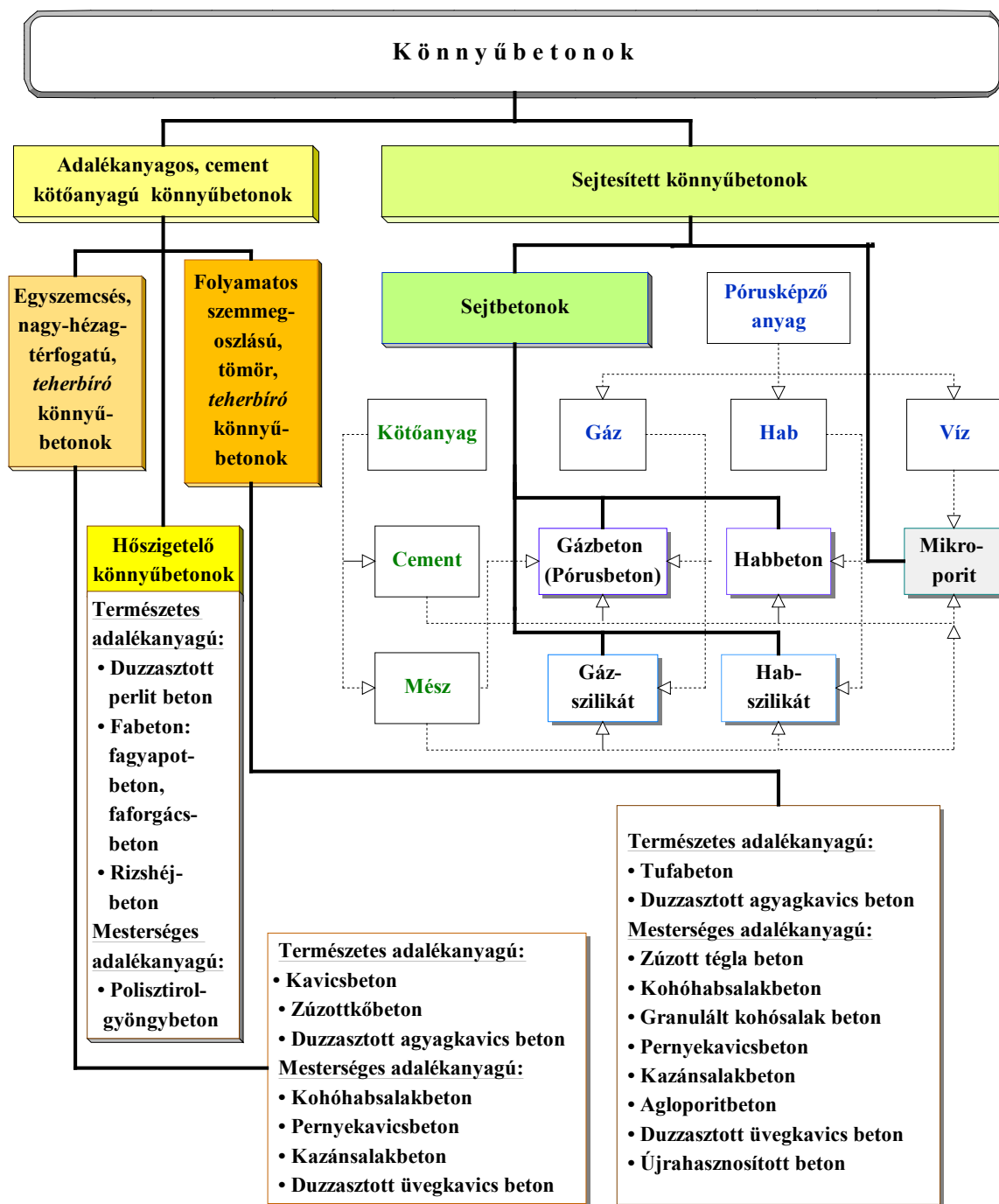
A visszavont MSZ 4719:1982 szabvány szerint az adalékanyagos, teherbíró (teherhordó) könnyűbetonok testsűrűsége $600\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$, a sejtesített könnyűbetonoké legfeljebb 1000 kg/m^3 .

A gázszilikát termékek építőipari alkalmazásáról 1963-ban az akkori Építésügyi Minisztérium Műszaki Fejlesztési Főosztálya adott ki ideiglenes műszaki irányelvet (IMI 27:1963, régi jelzete: IMI 27-63).

A visszavont szabványok közül az MSZ 11404:1992 szabvány és az MSZ 11405:1992 szabványsorozat az adalékanyagos könnyűbeton kézi falazóelemekkel, az MI 15022-6:1986 műszaki irányelv a teherhordó könnyűbeton szerkezetek erőtani tervezésével foglalkozott; ma a közlekedési célú, előregyártott könnyűbeton tartószerkezeti elemeket az e-UT 07.01.21:2016 tervezési útmutató alapján lehet megtervezni és gyártani.

Megjegyezzük, hogy a gázbetont újabban a szabványokban (például MSZ EN 12602:2017, MSZ 4798:2016) és a kereskedelemben pórusbetonnak nevezik.

Ajánlott irodalom: *Rudnai Gyula* (1961) és *Palotás László – Balázs György* (1980) professzor könyve, továbbá: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/109-konnyu-a-es-b.pdf>



1.5.K14. ábra: Könnyűbetonok csoportosítása alapanyagok és készítmény alapján

		Teherbíró könnyűbetonok							
		Hőszigetelő könnyűbetonok					MSZ 4798:2016 szerinti adalékanyag, teherbíró könnyűbetonok		
	Test-sűrűség kg/m ³	Nyomószilárdság, N/mm ²						Hővezetési tényező W/mK	
		≤2,5	2,5 - 5,0	5,0 - 7,5	7,5 - 10	10 - 15	15 <		
Teherbíró könnyűbetonok	Hőszigetelő könnyűbetonok	< 200	Polisztirolgyöngy beton						< 0,06
		200 - 300	Duzzasztott perlit beton						0,06 - 0,09
		300 - 400	Habbeton						0,09 - 0,12
		400 - 600	Fa-beton	Gázbeton (pórusbeton)					0,12 - 0,18
	600 - 800 *				*	*	*	0,18 - 0,25	
	MSZ 4798:2016 szerinti adalékanyag, teherbíró könnyűbetonok	800 - 1100			Kohóhabsalak beton és granulált kohósalak beton				0,25 - 0,38
		1100 - 1400		Egyszemcsés, nagy-hézagterfogatú (no-fines) könnyűbeton					0,38 - 0,50
		1400 - 1600			Tufabeton és duzzasztott üvegkavics (Geofil-) beton			Duzzasztott agyagkavics beton	0,50 - 0,60
		1600 - 1800							0,60 - 0,70
		1800 - 2000					Zúzott téglabeton		0,70 - 0,80

Megjegyzés: *Az MSZ 4719:1982 szabvány a 600 - 2000 kg/m³ testsűrűségű adalékanyag betonokat tekinti teherbíró könnyűbetonnak.
** A könnyűbetonok tényleges testsűrűsége, nyomószilárdsága, hővezetési tényezője jelentős mértékben eltérhet a táblázatban szereplő értékektől.

1.5.K15. ábra: Könnyűbetonok besorolása testsűrűség és nyomószilárdság alapján

Kőrlemény

A kőrlemény a betonkészítéshez esetlegesen kiegészítőanyagként használt természetes eredetű kőliszteknek azon fajtája, amelyet őrléssel állítanak elő tört, zúzott kőanyagból. Az őrlemény kifejezés minőségi jelzőként is értelmezhető, mert a kőrlemény általában tisztább, nagyobb önszilárdságú, időállóbb stb. finomszemek halmaza, mint amilyenek a kőanyag törése (aprítása) során keletkező finomrészből készített kőliszt-féleségeket alkotják.

Lásd még: Kőliszt, Kőpor

Kőpor

A visszavont MSZ 18296:1979 szabvány szerint a kőpor természetesen aprózódott osztályozatlan vagy osztályozott, vagy művi aprításból származó, legfeljebb 4 mm legnagyobb szemnagyságú dolomit vagy mészkő kőbányászati termék.

Lásd még: Kőliszt, Kőrlemény

Köracél

Angolul: round

Németül: Rundstab

Az MSZ EN 10079:2007 szabvány szerint a köracélok olyan melegen hengerelt rudak, amelyek keresztmetszete kör alakú és átmérője legalább 8 mm.

Lásd még: Betonacél, Melegen hengerelt rudak

Környezetbarát beton

A beton érzélem nélküli anyag. A „környezetbarát beton” kifejezés az angol „eco-friendly concrete”, a német „umweltfreundlicher Beton” kifejezés szó szerinti fordítása. Értelemszerűen „környezetbarát módon tervezett beton”-t, röviden „öko-beton”-t jelent.

Lásd: Öko-beton

Környezeti osztály

A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket érő környezeti hatások osztálya, amelyek hatását a tartós szerkezetnek – az üzemszerű használat és megfelelő karbantartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül – a tervezési élettartam alatt, sőt lehetőleg azon túl is károsodás nélkül kell viselnie.

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok szerinti környezeti osztályok csoportjai a következők:

XN...(H)	környezeti osztály szilárdsági szempontból alárendelt beton (C8/10) esetén, ha nincs korróziós veszély vagy korróziós hatás (MSZ 4798:2016)
X0b...(H)	környezeti osztály vasalatlan beton esetén, ha nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
X0v...(H)	környezeti osztály gyengén vasalt beton (nem vasbeton!) esetén, ha a karbonátosodáson kívül nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
XC...	környezeti osztály karbonátosodás okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes carbonation, $C \rightarrow$ carbonation = karbonátosodás)
XD...	környezeti osztály a nem tengervízből származó kloridok okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes deicing, $D \rightarrow$ deicing = jégtelenítő). Megjegyzés: Nem csak a jégtelenítő sók, hanem mindennemű, nem tengervízből származó só (klorid) hatása alatt álló vasbetonra, feszített vasbetonra, acélszál-erősítésű betonra vonatkozik.
XS...	környezeti osztály a tengervízből származó kloridok okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016), (Exposure classes chlorides from sea water, $S \rightarrow$ sea water = tengervíz)
XF... és XF...(H)	környezeti osztály a fagyás-olvadás okozta károsodás kockázata esetén, fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes freezing, $F \rightarrow$ freezing = fagyasztás)
XA... és XA...(H)	környezeti osztály agresszív talaj, talajvíz, felszíni természetes víz, egyéb agresszív víz és folyadék okozta kémiai korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes chemical attack, $A \rightarrow$ attack = támadás)
XK...(H)	környezeti osztály koptatás esetén, kopásálló betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016), ($K \rightarrow$ kopásálló)
XV...(H)	környezeti osztály talajnedvesség vagy víznyomás esetén, vízzáró betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018, MSZ 4798:2016/4M:2023); ($V \rightarrow$ vízzáró)

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolt, nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betonjának összetétele feleljen meg az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány NAD F1. táblázata előírásának.

Megjegyzés: 2023-ig az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a talajban, nedves, de víznyomás nélküli környezetben lévő beton (könyvünk szerinti jele: V0-beton) – szigorúbb (beton esetén legfeljebb 6 tömeg%, vasbeton esetén legfeljebb 4 tömeg%, feszített vasbeton esetén legfeljebb 2 tömeg% vízfelvétel), de teljesíthető feltétellel (*Erdélyi et. al., 2018*) – az önálló XV0(H) környezeti osztályba tartozott.

A környezeti osztály nem a beton, hanem a betont körülvevő környezet állapotjellemzője. A „környezeti osztályú beton” kifejezés a szóban forgó környezeti osztály követelményeit kielégítő betont jelenti.

A beton környezeti osztályba sorolásának feltételeit, illetve követelményeit könyvünk *10.1. fejezetében* tárgyaljuk.

Megjegyzendő, hogy a német DIN 1045-2:2008 szabványban, az osztrák ÖNORM B 4710-1:2018 szabványban, és egyéb német, osztrák előírásokban a kopásállósági környezeti osztály betűjele: XM.

Környezettudatos beton

A betonnak nincs tudata. A „környezettudatos beton” kifejezés az angol „environmentally conscious concrete”, a német „umweltbewusster Beton” kifejezés szó szerinti fordítása. Értelemszerűen „környezettudatos módon tervezett beton”-t, röviden „öko-beton”-t jelent.

Lásd: Öko-beton

Körömpróba

Lásd: Ceruzapróba

Kötési idő

Lásd: Cementpép kötési folyamata

Kőzetfizikai tulajdonság, kőzetfizikai csoport

A kőzetfizikai tulajdonság elsősorban az in situ kőanyagokból feldolgozott zúzott termékek anyagtani sajátja. Az építési gyakorlatban kőzetfizikai tulajdonságon általában a zúzottkő és zúzottkavics termékek azon aprózódási (Los Angeles, Deval, mikro-Deval) és időállósági (szulfátos kristályosítás) tulajdonságai értendők, amelyeknek kőzetfizikai csoportba foglalva a visszavont MSZ 1992:1970, MSZ 18291:1978, MSZ-07-3114:1991, MSZ 4798-1:2004 szabvány és az ugyancsak visszavont ÚT 2-3.601:1991, ÚT 2-3.601:1998, ÚT 2-3.601:2006, ÚT 2-3.601-2:2009, ÚT 2-3.710:2008 útügyi műszaki előírás szerint termékminősítő, illetve termékjellemző szerepük volt (*Kausay 2008*). A kőzetfizikai csoportok létrehozása *Kertész Pál*¹¹¹ tanár úr érdeme.

E szabványok és előírások visszavonásával, és lényegében az európai szabványok bevezetése következtében a kőzetfizikai csoport zúzottkő minősítő szerepe háttérbe szorult, voltaképpen megszűnt (lásd: MSZ 4798:2016), de megújult formában (a magnézium-szulfátos kristályosítás nélkül) aprózódási csoportként az ÉMI-ben nemrég készült ÉPMI 4/2019. „Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben” című építésügyi műszaki irányelvben szerepel.

¹¹¹ *Kertész Pál* (1928, Budapest – 2012, Budapest) egyetemi docens, okl. építőmérnök. A műszaki doktori címet 1962-ben, a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1971-ben szerezte meg. Vezetője volt az építési kőanyagok – 1978-1991 között, a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén készült, 50 darab szabványból álló, MSZ 18280 – MSZ 18297 jelzetű – magyar nemzeti szabványrendszert kidolgozó bizottságnak (<http://www.betonopus.hu/notesz/msz-ko-szabvanyjegyzek/msz-ko-szabvanyjegyzek.pdf>). *Kertész Pál* 8 könyvet, 24 könyvfejezetet, 24 egyetemi és főiskolai jegyzetet, 90 folyóirat cikket írt, konferencia-kiadványban 54 dolgozata jelent meg (*Gálos, 2013*).

Bár nem termékminősítő tulajdonságként, hanem fogalomként, az e-UT 05.0115:2018 üzleti műszaki előírásban említik a közetfizikai tulajdonságokat, mint amelyeket a feldolgozási technológia nem befolyásol. Ez így nagyvonalúan kijelentve elfedi a részleteket, például a szemalak hatását a Los Angeles aprózódási veszteségre. (Kausay, 1971)

Ajánlott irodalom: <http://www.betonopus.hu/notesz/publikaciok/kozetmechanika-konferencia-2008.pdf>

Lásd még: Aprózódási csoport

Közönséges (normál, szokványos) adalékanyag

Adalékanyag, amely szemének a testsűrűsége 110 ± 5 °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban nagyobb mint 2000 kg/m^3 és kisebb mint 3000 kg/m^3 . Betonanyagú újrahasznosított szokványos (közönséges, normál) adalékanyag esetén a szárítást 60 ± 5 °C hőmérsékleten kell végezni.

Közönséges (normál, szokványos) beton

Beton, amelynek a testsűrűsége 28 napos korban, 60 ± 5 °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban nagyobb mint 2000 kg/m^3 és legfeljebb 2600 kg/m^3 , és nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C100/115 közötti.

A Model Code 2010 5. fejezete szerint a közönséges (normál) betonok legkisebb nyomószilárdsági osztálya C12 és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya C120, hivatkozással az ISO 1920-3:2004 szabványra.

Kriptokristályos szövetszerkezet

A kriptokristályos szóösszetétel előtagja (kripto-) görög eredetű szó, amely az utótag rejtett voltát fejezi ki. A kriptokristályos szövetszerkezet látszólag amorf, amely esetben a kristályos szerkezetet csak röntgensugaras vizsgálattal lehet kimutatni. Ilyen kriptokristályos szövetszerkezete van például a szulfátálló cementek esetén a tetraaluminát-ferritből képződött ettringitnek.

Lásd még: Betonkorrozio

Kristályvíz

Angolul: Water of crystallization

Németül: Kristallwasser, Kristallisationswasser, Hydroxylwasser

Kristályvíz azoknak a vízmolekuláknak – a kristályrácsban molekula alakban jelen lévő víznek – a neve, amelyek más molekulákkal sztöchiometriai (molekulasúly, helyesebben relatív molekulatömeg szerinti) arányban kristályosodnak, azaz ezekkel együtt a kristályrácsba beépülnek (Neumüller szerk., 2. kötet, 1982).

A kristályvíz a vegyületből mintegy (200-600) °C hőmérsékleten távozik. Kristályvizet hordoz például a gipsz (kalcium-szulfát, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), az opál ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) stb.

(<https://de.wikieur.com/wiki>)

Lásd még: Hidrát, Konstitúciós víz

Kritikus víztelítettség

Kritikus víztelítettségnek a fagykárosodást okozó víztartalom felső határértékét nevezik. (Fågerlund, 1973)

Kulé kavics

Túl nagy méretű kavics, amely töréssel, osztályozással, mosással tehető beton adalékanyagkénti felhasználásra alkalmassá. A kulé kavicsból töréssel, osztályozással, mosással készített termék neve a szemnagyságtól függően zúzottkavics (tört kavics) vagy zúzotthomok.

Kumulálás, kumulatív függvény, kumuláns

A kumulálás latin eredetű szó, összegyűjtést, halmozást jelent. Esetünkben kumulálás például az összes megelőző mérési eredmény összesítése az elsőtől az utolsóig.

A kumuláns a matematikai statisztikában valamely valószínűségi eloszlás jellemző adatát, független változóját jelenti.

Kumulatív görbe, illetve függvény például a szemmegoszlási görbe vagy a valószínűségi eloszlásfüggvény ($F(x)$), amely utóbbit a sűrűségfüggvényből ($f(t)$) kumulálással nyerjük:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt, \quad x \in \mathbb{R} \text{ és} \\ \int_{-\infty}^{\infty} f(t)dt = 1$$

Az $x \in \mathbb{R}$ kifejezés a képletben azt jelenti, hogy az x eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak, amely utóbbin a valós számok (németül: reelle Zahlen) halmaza értendő.

Kúszás

Angolul: Creep

Németül: Kriechen

A kúszás folyamata a beton időben változatlan, tartós nyomóerő (nyomófeszültség) hatására fellépő *lassú alakváltozása* – a lassú alakváltozások egyike (a másik a zsugorodás) –, amely az időben növekvő kúszási hosszváltozás és a mérési alaphossz hányadosa, nevezetlen szám.

Jele: $\varepsilon_{\text{kúszás}}$.

A kúszás és ernyedés törvényszerűségeinek megfogalmazása feltételeken alapul. *Grübl* és szerzőtársai a régebbi, a feszített vasbetonszerkezetek méretezésének alapjául szolgáló feltételrendszert összegzési megközelítésnek (Summationsansatz), az újabb, a CEB-FIP Model Code 90 szerinti feltételrendszert termék-megközelítésnek (Produktansatz) nevezik (*Grübl et al.*, 2001). Az egyes kúszási jelenségek hatásai az összegzési megközelítés felfogásában összeadandók, a termék-megközelítés felfogásában pedig szorzással kapcsolódnak egymáshoz. Az utóbbi felfogás előnye, hogy a terhelési kor hatását a kúszási alakváltozásra és a nagyszilárdságú beton kúszását az előbbinél jobban fejezi ki. A kúszás vonatkozásában a visszavont MSZ 15022-1:1986, MSZ 15022-2:1986 és MSZ 15022-3:1986 méretezési szabvány (és például a visszavont DIN 4227-1:1988 szabvány) az összegzési megközelítés elvén, az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009 és MSZ EN 1992-3:2011 Eurocode 2 szabvány (és például a visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány) pedig a termék-megközelítés elvén alapul. Minderről *Palotás* és *Balázs* professzorok könyvének (*Palotás et al.*, 1980) 3.53. fejezetében is részletesen olvashatunk.

Az összegzési megközelítés elvén a kúszás ($\varepsilon_{\text{kúszás}}$) a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozással (ε_0) és a zsugorodással (ε_{zs}) együtt teszi ki a tartós alakváltozást (ε_t):

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + \varepsilon_{\text{zs}} + \varepsilon_{\text{kúszás}} \quad \text{és} \quad \varepsilon_{\text{kúszás}} = \varepsilon_t - \varepsilon_0 - \varepsilon_{\text{zs}}$$

A beton lassú alakváltozása ($\varepsilon_{\text{lassú}}$) a beton *zsugorodásának* és *kúszásának* együttes jelensége (*Palotás*, 1979. 1. kötet), (*Palotás et al.*, 1980):

$$\varepsilon_{\text{lassú}} = \varepsilon_{\text{zs}} + \varepsilon_{\text{kúszás}}$$

Ha a megterhelt betont bizonyos idő elteltével tehermentesítjük, akkor az nem nyeri vissza eredeti alakját, mert a tartós alakváltozás (ε_t) egy része maradó alakváltozás ($\varepsilon_{m,t}$), amely a zsugorodásból (ε_{zs}), a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás (ε_0) maradó részéből ($\varepsilon_{0,m}$) és a kúszás maradó alakváltozásából ($\varepsilon_{kúszás,m}$) tevődik össze:

$$\varepsilon_{m,t} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{kúszás,m}$$

Tehermentesítés után, az idő folyamán a kúszás maradó alakváltozásának egy része rugalmasan visszaalakul, – ezt a kúszás rugalmas utóhatásának nevezik ($\varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$) – ezért a tartós alakváltozás maradó részének végértéke (1.5.K18. ábra):

$$\varepsilon_{m,t,\infty} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{kúszás,m} - \varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$$

A kúszási alakváltozás (MSZ EN 1992-1-1:2010) a terhelt tartó alakváltozásának része, amely az érintő rugalmassági modulus függvénye.

Ugyanakkor a beton kúszásának jelenségét Davis (1928) és Glanville (1930 és 1933) nyomán a kezdeti rugalmassági modulus (E_0) függvényét képező „ideális” (helyesen: idealizált) rugalmassági modulusnak (E_i) nevezett képzett (csökkentett, látszólagos, effektív) rugalmassági modulus (Palotás et. al., 1980) alkalmazásával vesszük figyelembe (1.5.K17. ábra):

$$E_i = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_{0,r} + \varepsilon_{kúszás}} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_{0,r}} \times \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_{kúszás}}{\varepsilon_{0,r}}} = E_0 \times \frac{1}{1 + \varphi}$$

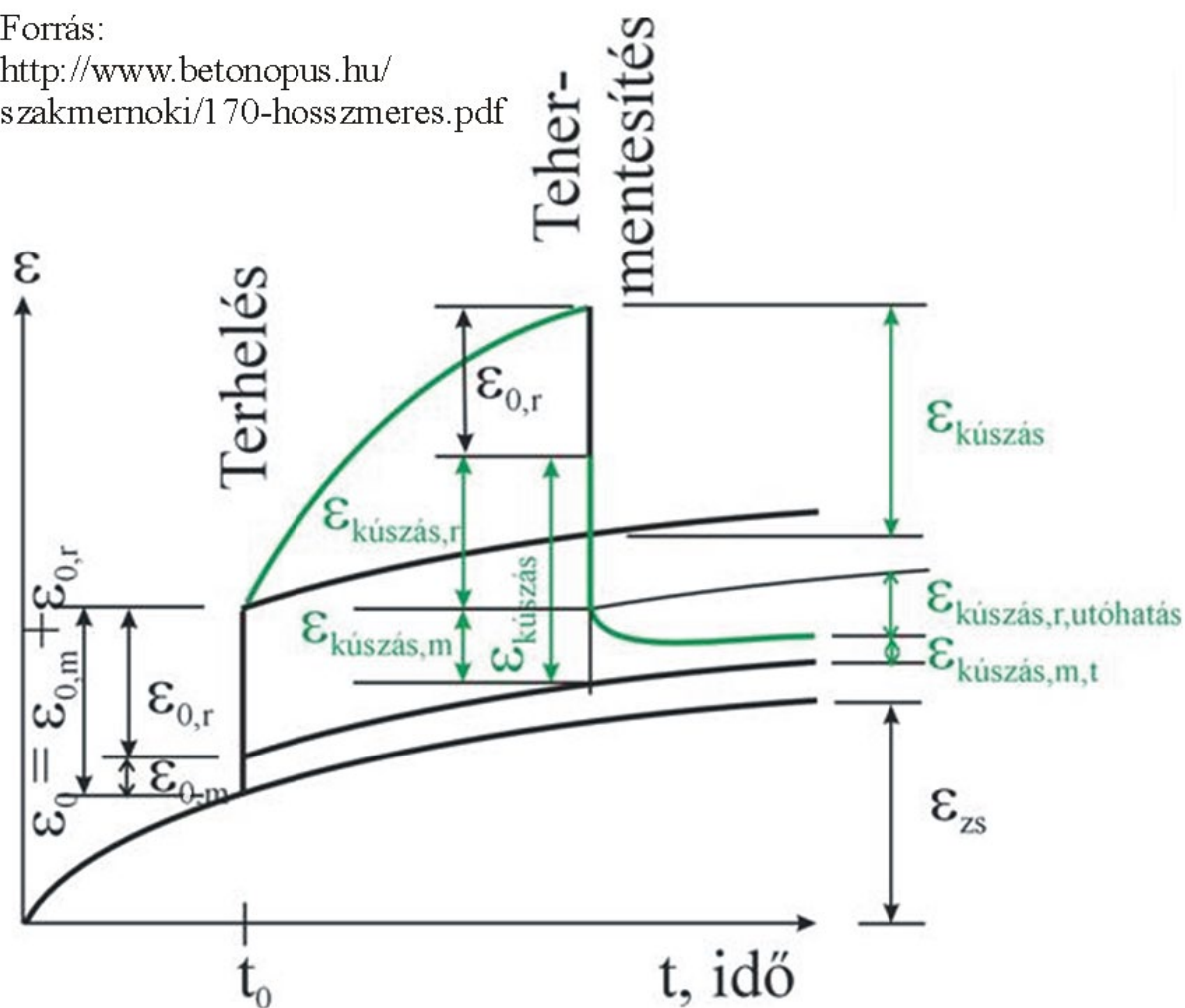
ahol: $\varphi = \text{a kúszási tényező} = \varepsilon_{kúszás}/\varepsilon_{0,r} = (\text{kúszási alakváltozás})/(\text{a terhelés okozta } \varepsilon_0 \text{ pillanatnyi alakváltozás rugalmas része})$

A fenti E_i összefüggésben lévő $1/(1+\varphi)$ tényező egynél kisebb szám, tehát a kúszás olyan folyamat, amely a rugalmassági moduluszt csökkenti, például a hajlított tartók időbeni lehajlását – a lehajlási képlet nevezőjében lévén – növeli (1.5.K18. ábra), így kedvezőtlen jelenség.

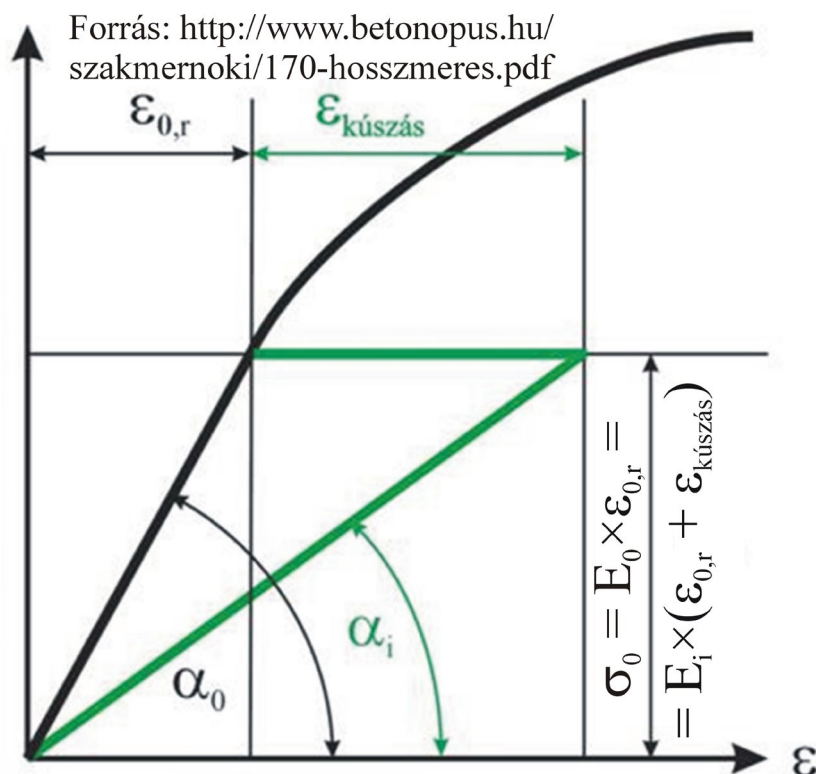
A beton tartós alakváltozási folyamatának 1.5.K16. ábráján látni lehet, hogy a beton kúszási görbéje kezdetben gyorsabban, később lassabban emelkedik, míg évek múlva aszimptotához tart. Az aszimptotához tartozó kúszási alakváltozást a kúszás végértékének nevezik.

Forrás:

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/170-hosszmeres.pdf>



1.5.K16. ábra: A beton tartós alakváltozási diagramja az összegzési megközelítés elvén (Palotás, 1979. 1. kötet), (Palotás et. al., 1980), (Grübl et al., 2001), (Springenschmied, 2007)



1.5.K17. ábra: Az E_i „ideális” rugalmassági modulus értelmezése (Palotás, 1979. 1. kötet), (Palotás et. al., 1980)



Forrás: MSZ EN 1990:2011 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

Jelmagyarázat:

w_c = a terheletlen tartószerkezet felhajlása

w_1 = a lehajlás kezdeti része az állandó terhek hatására

w_2 = az állandó terhek miatti lassú alakváltozás következtében létrejövő lehajlásrész

w_3 = az esetleges terhek hatására létrejövő többletlehajlás

w_{tot} = teljes lehajlás, azaz a w_1 , w_2 és w_3 lehajlás összege

w_{max} = a felhajlás figyelembevételével meghatározott teljes lehajlás

1.5.K18. ábra: A kéttámaszú tartó függőleges lehajlásának értelmezése az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány szerint

A visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány szerint a kúszási tényező időbeli változása a

$$\varphi_t = \varphi_{\infty} \times \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{w}\right)^z}\right)$$

összefüggéssel fejezhető ki, ahol:

φ_{∞} = a kúszás végértéke

t = a teher felléptétől számított idő, nap

w = $1,8 \times v_{ef} \times z$

v_{ef} = a szerkezeti elem „hatásos vastagsága”, amely általában a keresztmetszet kétszeres területének és a párologni képes területének a hányadosa; kétoldalt párolgó szerkezet esetén annak vastagsága, mm

$$z = \sqrt{\frac{v_{ef}}{1000}}$$

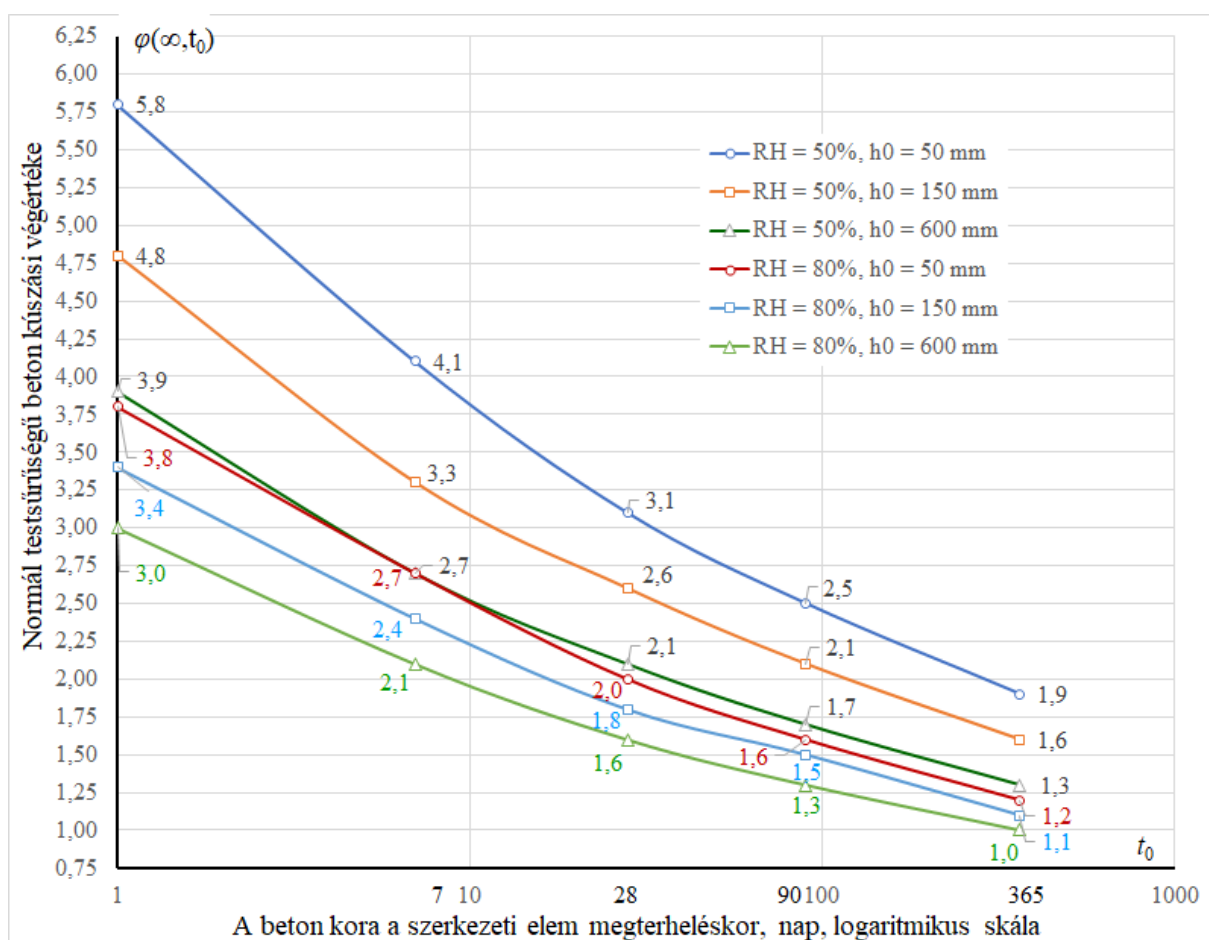
A visszavont MSZ 15022/1:1986 szabvány szerint a C8/10, C12/16, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, és C55/67 nyomószilárdsági osztályú beton kúszási tényezőjének közepes végértéke rendre: 2,7; 2,35; 2,1; 1,9; 1,7; 1,55; 1,4; 1,3; 1,2; 1,1 és 1,0.

A normál testsűrűségű beton kúszási tényezőjének MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti $\phi(\infty, t_0)$ tervezési végértéke a relatív páratartalom (RH) és a keresztmetszet névleges mérete („hatásos vastagsága”, $h_0 = v_{ef}$) függvényében az 1.5.K6. táblázatban és grafikusán az 1.5.K19. ábrán látható.

1.5.K6. táblázat: Normál testsűrűségű beton kúszási tényezőjének MSZ EN 1992-1-1:2010 EUROCODE 2 szabvány és CEB-FIP Model Code 90 szerinti $\phi(\infty, t_0)$ átlagos végértéke a relatív páratartalom (RH) és a szerkezeti elem „hatásos vastagsága” ($h_0 = v_{ef}$) függvényében (Grübl et al., 2001)

Beton kora megterhe- léskor, t_0 , nap	Normál testsűrűségű beton kúszási végértéke, $\varphi(\infty, t_0)$					
	Relatív páratartalom, RH = 50% (Belső térben)			Relatív páratartalom, RH = 80% (Külső térben)		
	A keresztmetszet névleges mérete („hatásos vastagsága”), $h_0 = v_{ef}$, mm					
	50	150	600	50	150	600
1	5,8	4,8	3,9	3,8	3,4	3,0
7	4,1	3,3	2,7	2,7	2,4	2,1
28	3,1	2,6	2,1	2,0	1,8	1,6
90	2,5	2,1	1,7	1,6	1,5	1,3
365	1,9	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0

Megjegyzés: A *Koris et al. (2000)* közölte adatok a fentiektől kissé eltérnek. A *Koris et al. (2000)* kiadványban a szerkezeti elem „hatásos vastagságának” (németül: wirksame Bauteildicke) megnevezése: a keresztmetszet névleges mérete



1.5.K19. ábra: Normál testsűrűségű beton kúszási tényezőjének MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány és CEB-FIP Model Code 90 szerinti $\varphi(\infty, t_0)$ átlagos végértéke a relatív páratartalom (RH) és a szerkezeti elem „hatásos vastagsága” ($h_0 = v_{ef}$) függvényében (Az 1.5.K4. táblázat adatainak grafikus feldolgozása)

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 méretezési szabvány¹¹² a kúszási és a zsugorodási időfüggő alakváltozások meghatározására közelítő számításokat és nomogramokat tartalmaz, amelyet eredetiben szükséges tanulmányozni. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványbeli $\varphi(t, t_0)$ kúszási tényező az E_c érintő rugalmassági modulussal van összefüggésben, amely utóbbit $1,05 \times E_{cm}$ értékre lehet felvenni, ahol $E_{cm} = 22 \times (f_{cm}/10)^{0,3}$ a $\sigma_c = 0$ és a $0,4 \times f_{cm}$ pontokon átmenő szelőmodulus általános értéke és f_{cm} a 28 napos korú beton próbahengeren mért átlagos nyomószilárdságának értéke N/mm² mértékegységben.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint a ρ testsűrűségű, legalább LC20/22 nyomószilárdsági osztályú *adalékanyag* könnyűbeton kúszási tényezője a normál testsűrűségű beton kúszási tényezőjének $(\rho/2200)^2$ -szerese; amely szorzattal számított kúszási alakváltozást legfeljebb LC16/18 nyomószilárdsági osztályú adalékanyag könnyűbeton esetén még 1,3-del is meg kell szorozni.

A beton kúszását a szerkezeti elem keresztmetszetének alakja, a terhelés kezdetének időpontja, a környezet relatív páratartalma, a friss beton konzisztenciája, a megszilárdult beton szilárdsága stb. befolyásolja, és mértéke például nagyobb szilárdságú cement, jó minőségű adalékanyag,

¹¹² Az EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 európai szabvány német nyelvű változatának (DIN EN 1992-1-1:2011) részletes kivonata magyarázatokkal a 2017. évi Beton-Kalender 2. kötetében (pp. 643-764.) olvasható.

kevés keverő víz alkalmazásával, jó bedolgozással, gondos és hosszú idejű nedves utókezeléssel, késői kizsaluzással stb. csökkenthető.

Az előfeszített vasbetontartók feszítőacéljainak az előfeszítés után elért megnyúlása a betonhoz való tapadás folytán állandó, az acélfeszültséget pedig hosszú idejű terhelés során a beton kúszása és zsugorodása némileg csökkenti; az előfeszítő feszítőacéloknak tehát nem kúszása, hanem ernyedése, latin szóval relaxációja van (*Leonhardt*, 1980), (*Geßner et al.*, 2017).

A beton kúszását az MSZ EN 12390-17:2020 szabvány szerint kell vizsgálni.

Felhasznált irodalom: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/170-hosszmeres.pdf>,
<https://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/kuszas.pdf>

Lásd még: Ernyedés, Hatékony kúszási tényező, Rugalmassági modulus

Kúszási határ, kúszáshatár

Angolul: Creep limit

Németül: Kriechgrenze

A beton kúszásának azt a végtelen hosszú időhöz (gyakorlatilag 70 év) tartozó legnagyobb értékét, amelyet állandó, tartós terhelőerő mellett a beton éppen törés nélkül képes viselni, kúszási határnak nevezzük. A t_0 időponttól működő $\sigma_{c,cyl}$ tartós feszültség hatására jelentkező fajlagos alakváltozás t_∞ időben számításba veendő értéke (fajlagos alakváltozás végértéke).

A kúszási határhoz tartozó feszültség a tartós szilárdság.

A kúszási határ jele: $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$

Lásd még: Kúszás, Tartós szilárdság

Kúszási tényező, kúszási mérték

A kúszási tényező vagy kúszási mérték (φ_t) a terhelés okozta pillanatnyi rugalmas alakváltozás ($\varepsilon_{0,r}$) és kúszás ($\varepsilon_{kúszás}$) hányadosa, nevezetlen szám: $\varphi_t = \varepsilon_{kúszás} / \varepsilon_{0,r}$.

Lásd még: Kúszás

Kúszási tényező alapértéke

A visszavont MSZ 15022 szabványsorozat szerint az állandó vagy tartós teher, a levegő 70%-os relatív páratartalma, a beton 28 napos korban történő megterhelése, nem nagy kezdőszilárdságú cement alkalmazása és képlékeny friss beton konzisztencia esetén a kúszási tényező φ_0 alapértéke egyenlő a kúszási tényező φ_∞ végértékével.

Lásd még: Kúszás

Kúszási tényező végértéke

A beton kúszási tényezőjének végértéke általában a kúszási tényezőnek a beton 70 éves korára értelmezett értéke.

A normál testsűrűségű beton kúszási tényezőjének MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti $\varphi(\infty, t_0)$ tervezési végértéke a relatív páratartalom (RH) és a keresztmetszet névleges mérete („hatásos vastagsága”, $h_0 = v_{ef}$) függvényében az 1.5.K4. táblázatban és grafikusán az 1.5.K21. ábrán látható.

Jele: φ_∞ , $\varphi(\infty, t_0)$

Lásd még: Kúszás

Kúszás rugalmas utóhatása

Angolul: Delayed elastic deformation

Németül: Verzögerte elastische Verformung

Tehermentesítés után, az idő folyamán a kúszás maradó alakváltozásának rugalmasan visszaalakuló része. Jele: $\varepsilon_{\text{kúszás,r,utóhatás}}$

Lásd még: Kúszás

Külpontosság (excentricitás) nyomószilárdság-vizsgálat esetén

Lásd: Gömbcsukló, Magidom

Küszöbérték

Angolul: Characteristic value, Threshold

Németül: Charakteristisches Wert, Schwellenwert

Lásd: Jellemző érték

Kvantilis

Az a valószínűségi változó, amely adott arányban osztja fel a relatív gyakorisági görbe (sűrűségfüggvény) alatti területet, vagy a rendezett mintát stb. A kvantilis a p alulmaradási hányadhoz tartozó X_p valószínűségi változó, küszöbérték, jellemző érték (például $f_{\text{ck,test}}$). A normális-eloszlás 5%-os kvantilise az $f_{\text{ck,test}} = \mu - 1,645 \times \sigma$ összefüggéssel számolható.

Lásd még: Jellemző érték, Normális-eloszlás

Kvarc

A kvarc (szilícium-dioxid, SiO_2) kovasavanhidrid. A kristályos módosulatokon kívül a szilícium-dioxid amorf alakban is előfordul, például az opál ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) amorf szilícium-dioxid.

Lásd még: Kovasav, Opál

Laboratóriumi minta, adalékanyag esetén

A vizsgálandó adalékanyagból a mintavétel szabályai szerint vett és csökkentett reprezentatív minta, amelyből a laboratórium a vizsgálati mintát előállítja.

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint adalékanyag (köanyaghalmoz) gyűjtőmintából nyert, csökkentett minta laboratóriumi vizsgálat céljára.

Lakmuszpapír

A lakmuszpapír sav-bázis indikátorként használt összetett növényi festékekkel, lakmusszal (eredeti nevén lacca musci) átitatott papírcsík, amelyet a vizes oldatok közelítő pH-értékének meghatározásához alkalmaznak.

A lakmusz név a holland lakmoes szóból származik (lak = lecsepegtet, moes = pép), ami arra utal, hogy az előállításkor az őrölt zuzmóból álló pépnek lecsöpögtették a levét.

A lakmusz festőanyaga a lakmuszsav, mely szabadon előállítva sárgásvörös, sói azonban sötétkék színűek. A lakmuszban e sav alkáli sói, különösen káliumsója található. A kék lakmusz, a lakmuszsav sója sav hatására megvörösödik ($\text{pH} < 4,5$), mert vörös lakmuszsav keletkezik; a vörös lakmuszsav-oldatból pedig lúg hatására lakmuszsavas só keletkezik, emiatt megkékül ($\text{pH} > 8,3$). A lakmuszból készült lakmusztinktúra és az ezzel festett papír, a lakmuszpapír emiatt alkalmas a kémiában sav-bázis indikátornak. (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983), (Crystal szerk., 2. kötet, 1997), (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Lakmusz>)

Lásd még: Hidrogénion-koncentráció

Lapultsági együttható

Csúcsossági együtthatónak is nevezik. A lapultsági együttható a szimmetrikus gyakorisági görbének a normális-eloszlás alakjától való eltérését fejezi ki. A lapultsági együttható jele: $\gamma_2 = \gamma_{\text{kurtosis}}$ (kurtosis = csúcsosság), tapasztalati képlete:

$$\gamma_2 = \gamma_{\text{kurtosis}} = \frac{\mu_4}{s^4} - 3 =$$

$$= \frac{n \times (n-1)}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3)} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{\bar{x} - x_i}{s} \right)^4 - 3 \times \frac{(n-1)^2}{(n-2) \times (n-3)}$$

ahol:

n = minta elemszáma,

x_i = i -edik valószínűségi változó,

$\bar{x}$ = valószínűségi változók átlagértéke,

s = tapasztalati szórás.

A normális-eloszlás lapultsági együtthatója zérus: $\gamma_{\text{kurtosis}} = 0$. A normális-eloszlásénál laposabb gyakorisági görbe lapultsági együtthatója negatív szám: $\gamma_{\text{kurtosis}} < 0$. A normális-eloszlásénál csúcsosabb gyakorisági görbe lapultsági együtthatója pozitív szám: $\gamma_{\text{kurtosis}} > 0$.¹¹³ (Ilyen csúcsos lehet az igen kis nyomószilárdsági szórású beton gyakorisági görbéje.)

Latens hidraulikus tulajdonság

Lásd: Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság

Lágyacél

Angolul: Mild steel

Németül: Weichstahl

A mintegy 0,2% széntartalom alatti, nem edzhető vas-szén ötvözetek, mai elnevezése. (Vidovszky, 2007)

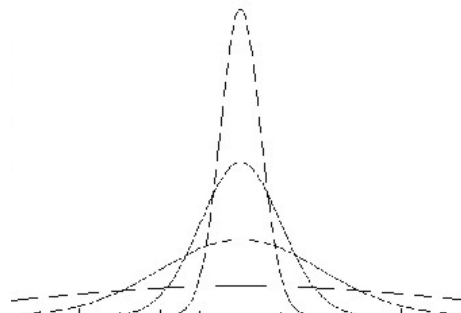
Lágy víz

Lásd: Vízkeménység

Lágyítás, acél lágyítása

A régi MOSz 106:1933 szabvány szerint a kovácsolt vagy hengerelt folyacélt különböző magasságú hőfokon, különféle hosszú ideig tartó izzítással kell lágyítani aszerint, hogy a szívósságot növelni, a belső feszültségeket megszüntetni vagy a vasat lágyabbá tenni akarjuk.

¹¹³ Különböző lapultságú szimmetrikus gyakorisági görbék ábrája



Az elérendő cél szabja meg a lehűtés módozatát is, amely történhet kemencében, nyugodt levegőn vagy más alkalmas módon.

Lásd még: Acélgyártás, Acél szívóssága

Lágyítás, friss betoné

Lásd: Kiindulási friss beton lágyítása

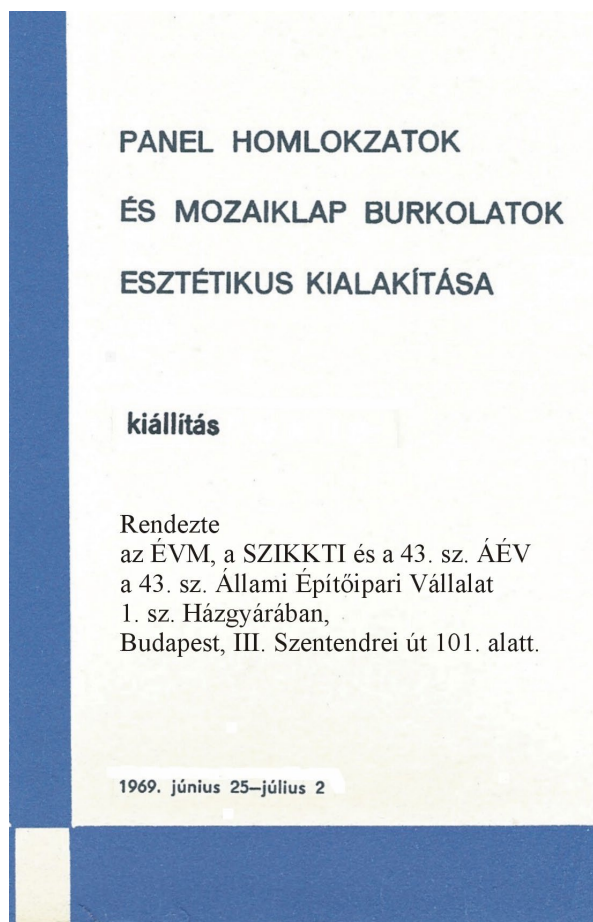
Látszóbeton

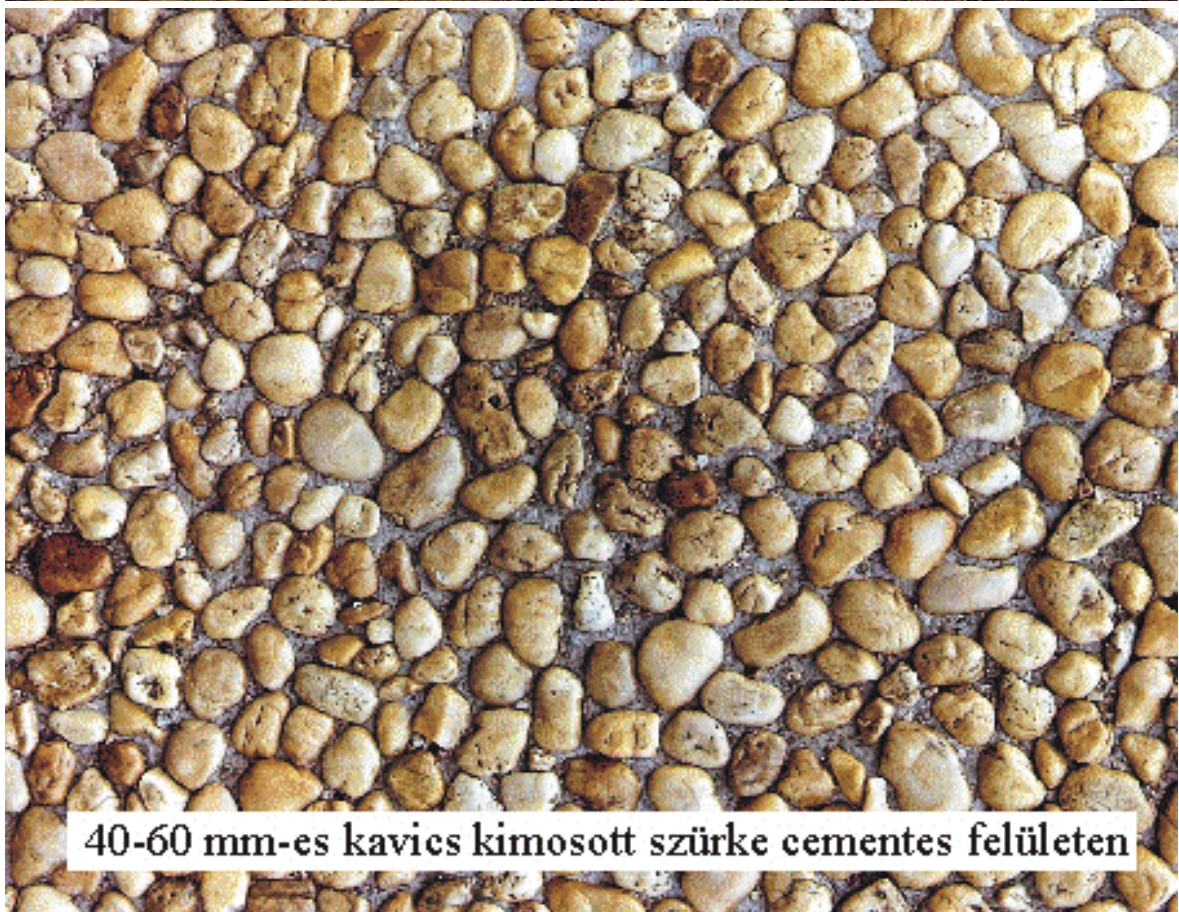
Angolul: Exposed concrete

Németül: Sichtbeton

A látszóbeton olyan beton, amelynek felületi megjelenése iránt különleges követelményeket támasztanak.

Régi emlék a látszóbeton témakörbe tartozó, – az egykori ÉVM Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium (témafelelős: *Diószeghy Miklós* főmérnök), SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Betonosztálya (témafelelős: *dr. Székely Ádám* tud. osztályvezető), valamint 43. számú Állami Építőipari Vállalat szervezésében, számos résztvevővel –, 1969 nyarán megrendezett, a panel homlokzatokat és mozaiklap burkolatokat bemutató szabadtéri kiállítás (*1.5.L1. ábra*).







40-60 mm-es bazalt zúzottkő és 7-15 mm-es kavics
kimosott fehércementes felületen

1.5.L1. ábra: Néhány, az 1969-ben Budapesten rendezett kiállításon készített látszóbeton fénykép. Forrás: <http://www.betonopus.hu/notesz/oreg-konyvek/latszobeton.pdf>

A látszóbetont Széll László¹¹⁴ professzor sokoldalú elemzéssel és saját kutatási eredményeinek közreadásával a homlokzatképzések egyikeként mutatta be az építést felső fokon művelők számára (Széll, 1973). Kifejezetten a látszóbetonról szólnak a könyv „Nyersbeton felületképzés”, „Előregyártott nyersbeton felületű elemekkel kialakított homlokzatok” és „Öntöttbeton falak homlokzatképzése” című fejezetei, de a látszóbetonnal foglalkozók figyelmét nem kerülhetik el a könyvnek a homlokzatokat érő fizikai és kémiai hatásokról, a homlokzatképzések épületfizikai vonásairól, a homlokzatszínekről és homlokzatfestésről, a vég-, illetve bútühomlokzatok esztétikájáról stb. szóló általánosabb részei sem.

Idehaza újabb könyvet a látszóbetonról Kapu László (2014) írt. Kapu László az MSZ 24803-6-3:2010 szabvány szem előtt tartásával foglalkozik a látszóbetonra vonatkozó technológiai és kivitelezési ismeretek részleteivel, miközben szól a látszóbetonról, mint építészeti alkotásról is. A kötet kizárólag magyar példákon keresztül mutatja be a látszóbeton megvalósulásait.

A hazai épületszerkezetek megjelenési módjának általános előírásait az MSZ 24803-1:2012 szabványban, a monolit beton- és vasbeton szerkezetek. a helyi alakhűségének és felületi állapotának követelményeit az MSZ 24803-6-3:2010 szabványban tárgyalják.

¹¹⁴ Széll László (1903, Makó – 1976, Budapest) építészmérnök, egyetemi tanár. Oklevelét 1927-ben szerezte a budapesti Műegyetemen. Széll László az 1940-es években a BME Épületszerkezettani Tanszéken tanított, 1951 és 1959 között a BME (1952-től ÉME Építőipari Műszaki Egyetem, majd 1955 és 1967 között ÉKME Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem) Építőmérnöki Kar Magasépítési Tanszékének vezetője volt. Korszerűsítette a tanszék oktatási anyagát, oktatói munkája mellett jelentős ipari tervezői munkát végzett, kiterjedt szakirodalmi tevékenységet fejtett ki. Szerzője az 1960-ban kiadott kétkötetes Magasépítéstan című tankönyvnek (reprint kiadás: Terc Kft. Budapest, 2011). Széll László professzor 1973-ban Ybl Miklós-díjat kapott. Forrás: <http://fmmk.hu/mernokokfejerben/imapbuilder/SzeLL.pdf>, BME Millenniumi Évkönyv. Budapest, 2000.

Az MSZ 24803-6-3:2010 szabvány kiterjed a látszó felületek hullámossága, domborulata-homorulata, fogassága, a cementpépkifolyás, a vonalszerű fészesség, az illeszkedő felületek élei hullámossága, az élképzés, az élmenti betonkitüremkedés, az élcsorbulás, a csatlakozások fogassága, folytonossága, a látszó felület fészessége, pórusossága, foltossága stb. megfelelőségének megítélésére. Az MSZ 24803-6-3:2010 szabvány szerinti követelményszintek: alap, normál, magas és különleges.

A felületkialakítási módokkal kapcsolatban megjegyezzük, hogy a visszavont MSZ 18294:1986 szabványban az építőkövek durva megmunkálását (szaggatott, bárdolt, durván hegyeselt, finoman hegyeselt, bordázott, fűrészelt, rovátkolt felület), finom megmunkálását (finoman rovátkolt, gorombán szemcsézett, félfinoman szemcsézett, dörzsölt felület), csiszolását (matt csiszolt, finoman csiszolt felület) és fényezését nevesítették. A díszítő- és burkolóköveket szabványosan nagyolt, sarkos, tompított, kerekített, laposított éllel vagy élszegéllyel készítették.

Springenschmid (2007) szerint az alapvetően megkülönböztethető látszóbetonféleségek a következők:

- zsaluzati textúrával (felületi rajzolattal) kialakított, klasszikus látszóbeton;
- sima zsaluzattal kialakított látszóbeton. Amíg az 1990-es évekig kizárólag zsaluzattal és beton-felületképzéssel sokszor erősen mintázott látszóbetonok készültek, újabban nagyméretű, sima és lényegében pórusmentes felületű, határozott élekkel rendelkező látszóbetonokkal is találkozni lehet;
- kőfaragó módszerekkel, például szemcsézéssel (stokkolás, németül: Stocken), hegyeléssel (spiccelés, németül: Spitzen), rovátkolással, (sarabolás, sarirozás németül: Scharrieren) kialakított látszóbeton (*Frecskay*, 1912), (*Kertész*, 1972¹¹⁵);

¹¹⁵ *Kertész Pál* egyetemi docens írta az „Építészeti geológia” című műegyetemi jegyzetben, 1972-ben (Változatlan kiadás: 1986):

„A KÖZETEK MEGMUNKÁLÁSA

A kőzetek felhasználásuk szerint különböző módon megmunkált felülettel készülnek. A megmunkálás módját mindig az igényeknek és a kőzetnek megfelelően kell megválasztani. A kőzetek nem minden megmunkálási módra alkalmasak (pl. a durva mészkövek nem csiszolhatók), vagy pedig nem minden megmunkálási módon szépek (pl. a gránitot kár szemcsézni, mert az a kőzet saját szemcsézettségét lerontja). A megmunkálás általában bányanedves állapotban a legkedvezőbb.

A kőzetek felületét egyes esetekben gépi megmunkálással, a legtöbbször azonban szerszámokkal alakítjuk ki. A megmunkálás kézi eszközei a kőkalapács ékbeverésre, durva alakításra, a szakítókalapács nagyobb kőfelületek képzésére, hegyes csákány nagyolásra, egyengető, vagy gereben durva felület képzésére, egyenes, vagy fogas végű kőbalta (fogasesákány) durva szemcsék előállítására, a különböző vésők, így fogas véső szilárd kövek finomítására (sarabolás), lapos véső felületfinomításra. és rovátkolásra (sarirozás), hegyes véső (gusztony) élszegélyek, bordázott felületek előállítására, szemcséző kalapács egyengetésre, recézésre (dorozmálásra), finomításra, kőgyalu középszilárd kövek finomítására.

A kézi szerszámokat (pl. véső) egyre inkább sűrített levegővel működtetett préslégszerszámok helyettesítik.

A megmunkáló gépek közt említhetjük a vésőgépeket, fűrészgépeket, szélezőket, lyukfúrókat, gyalukat, marókat, csiszolókat. A gépek megmunkáló elemei újabban természetes vagy műgyémánttal készülnek.

GÉPI MEGMUNKÁLÁS

A fűrészelés kör-, vagy lapfűrésszel, esetenként csiszolóporos (homokos) drótfűrésszel szokásos. A felület a kőzet és a szerszám jellegétől függően simább, vagy durvább. Burkolólapok, építőelemek (pl. sósókúti mészkőblokkok) készülnek így.

A csiszolás a fűrészelt vagy más módon egyengetett felület csiszolókoronggal, nedves úton való átdolgozása. A kőzet egyenetlenségei eltűnnek, egységes, az időjárásnak ellenálló felület keletkezik. A csiszolás finomításával, egyes vegyi anyagok segítségével a felületet fényezni (polírozni) lehet. Ez különösen tömött szövetű kőzeteken alkalmazható (gránit, tömött mészkő, márvány stb.).

Az idézet a következő oldalon folytatódik

- szemcseszórással, így sörétszórással (németül: Kugelstrahlen), homokszórással (németül: Sandstrahlen) megmunkált látszóbeton. A szemcseszórás a beton látszó felületéről kiveri a habarcsot, és az adalékanyag szemek szabaddá válnak;
- kimosott felületű látszóbeton, amely esetén a látszó felületről az adalékanyag szemek közül a habarcsot vízsugárral távolítják el;
- csiszolt és fényezett felületű látszóbeton (olaszul: terrazzo);
- vékony fedőréteggel bevont (bevonat németül: Anstrich) felületű látszóbeton;
- előregyártott elemek vágással, fűrészeléssel vagy töréssel szabaddá vált látszóbeton felülete;
- vízszintes helyzetben készített, durvaszemű, többnyire színes kőanyag szem-berakásos látszóbeton.

A látszóbetontól megkövetelt tulajdonságokat például a DBV Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. és a VDZ Verein Deutscher Zementwerke közös kiadásában 2015-ben megjelent német „Merkblatt Sichtbeton” című műszaki útmutatóban, az ajánlásokat a zsaluzott betonfelületek megjelenésére az ÖVBB Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik gondozásában 2009-ben kiadott osztrák „Richtlinie Sichtbeton. Geschalte Betonflächen” című műszaki irányelvben; a svájci kiegészítéseket a látszóbeton felületű épületek svájci és európai szabványaihoz (SIA 262, SIA 118/262 és SN EN 206, SN EN 13670) a Betonsuisse Marketing AG. jegyezte, 2020. évi kiadású MB 02 „Merkblatt für Sichtbetonbauten” című műszaki útmutatóban fogalmazták meg. E műszaki útmutatók, irányelvek mindegyikében meghatározzák a tárgyköri fogalmakat.

A látszóbeton készítésében résztvevők mindegyikének szóló német „Merkblatt Sichtbeton” című műszaki útmutatóban négy látszóbeton osztály található (SB 1 – SB 4), amelyekbe a látszóbeton felület a felületi rajzolat (T1 – T3, T → Textur), a felületi pórusarány (P1 – P4, P → Porigkeit), a színárnyalat (FT1 – FT3, FT → Farbtongleichmäßigkeit), a simaság (E1 – E3, E → Ebenheit), a zsaluzat felületi minősége (SHK1 – SHK3, SHK → Schalungshaut), a munkahézagok és zsaluzat illesztések (AF1 – AF4, AF → Arbeitsfugen und Schalungsstöße) követelményének teljesülése alapján sorolható be. A német műszaki útmutató külön-külön fejezetekben foglalkozik a látszóbeton tervezés, a kivitelezés és az értékelés szempontjaival.

A „Merkblatt Sichtbeton” műszaki útmutató megjelenése után nem sokkal – annak tartalmát figyelembe véve – adta ki a látszóbeton tervezésről és kivitelezéséről szóló, „Technik des Sichtbetons” című könyvet a német Informations-Zentrum Beton GmbH (Peck, et al., 2016),

Az idézet folytatása az előző oldalról

KÉZI MEGMUNKÁLÁS

Kézi megmunkálás esetén a bányában fejtett kőzettömböket legtöbbször emberi erővel ékekkel daraboljuk fel a szükséges mértékig. Az így kialakult felület megmunkálása az alábbi fő módokon szokásos:

Szaggatott (rusztikus) felület úgy készül, hogy a felület durva egyenetlenségeit lefaragják. Nagy hézagterfogatú kőzetek megmunkálására nem alkalmas.

Kisebb szilárdságú kőzeteken alkalmazhatjuk a bárdolást, a felület egyenetlenségeit kőbaltával egyengetik le. Az alapfelülethez viszonyítva 20-25 mm-es eltérések lehetségesek.

Ha ennél jobban megmunkált felületre van szükségünk, akkor vésővel durván, vagy finoman hegyeselt (spiccelt) felületeket alakíthatunk ki. A durva hegyeselés esetén a felületi eltérések a 10-15 mm-t, a finom hegyeselésnél 5-10 mm-t nem haladhatnak meg. A hegyeselés a legszebb felület akkor, ha nincs szükségünk csiszolásra, fényezésre. Fogascsakánnyal tömött kőzetek felülete alakítható.

A különböző rovátkolások, bordázások, a korszerű építészetben csak ritkán kerülnek alkalmazásra. A rovátkolás (sarirozás) 2-4 mm távolságban húzódó párhuzamos rovátkák finomvésővel való kialakítása. A bordázott (spandált) felületet 10-40 mm széles domború bordákkal, a felvert felületet pedig 5-15 mm széles homorú vágatokkal látjuk el. A szemcsézés a kőfelületet egyenetlenné, de egyszersmind piszkolódóvá teszi, és elfedi a kőzet szövét.”

amelyben elkülönítve tárgyalják az építésztervezők és szerkezettervezők, valamint a kivitelezők számára szükséges, a látszóbetonra vonatkozó ismereteket. A könyvben külön fejezetekben szólnak a látszóbeton felületek színezésének lehetőségeiről, a színeltérések utólagos „kozmetikázásáról”, az időjárás-érzékeny felületek tartós védelméről és konzerválásáról.

A DBV Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. a fenti „Merkblatt Sichtbeton” című műszaki útmutatón kívül a bel- és kültéri látszóbeton felületek javításának lehetőségeiről helyzetértékelő kiadványt (Sachstandsbericht) is készített, amely 2016-ban „Sichtbetonkosmetik” címmel jelent meg. Ebben írják, hogy a felületjavítást száraz vagy vizes mechanikai, esetleg kémiai tisztítás, szükség esetén az egyenetlenségek eltávolítása kefével, csiszolással, szemcseszórással, vibrokalapáccsal, majd általában a felület „spatulázása”, „glettelése”, más szóval felületi alapozás (németül: Abdecken) kell megelőzze. A tulajdonképpeni látszóbeton felületjavítás a felület újraképezése (reprofilozása) tapadóhídra felhordott egy- vagy többretegű színes felületi javítóhabarccsal.

További látszóbetonnal foglalkozó kiadványt jelentetett meg a DBV Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. több szerző tollából 2022 augusztusában „DBV-Heft 47. Sichtbeton planen, ausschreiben und ausführen. Hintergründe und Erläuterungen zum DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton” címmel.

Az osztrák „Richtlinie Sichtbeton” című műszaki irányelvben a látszóbeton felületének és zsaluzata anyagának megfelelőségét különleges esetben tizenkilenc feltételhez kötik, és ezek alapján a látszóbetont három általános (SB1, SB2 és SB3) és egy különleges (SBS) minőségi osztályba sorolják.

A svájci „Merkblatt für Sichtbetonbauten” című műszaki útmutatót elsősorban tervező építészek és építőmérnökök számára készítették, de építetőknek és kivitelezőknek is szól. A svájci műszaki útmutató szerint a látszóbeton-készítés főbb technikai szempontjai: a zsaluzóelemek mérete elrendezése, anyaga, mintázata, a beton összetétele és színe, a betonfelület megmunkálása. A svájci „Merkblatt für Sichtbetonbauten” műszaki útmutató szerinti BOK 0, BOK 1, BOK 2, BOK 3 és BOK S (BOK → Betonoberflächenklasse, S → Sonderklasse) látszóbeton osztályok követik a svájci SIA 118/262 szabvány előírásait.

Nagy-Britanniában Fraircrete (Fibre air concrete) néven fejlesztettek ki szálerősítésű és nagy légbuboréktartalmú különleges látszóbetont. A Fraircrete látszóbeton 0,1 tömeg% túlnyomórészt rövidre vágott polipropilén szálal, 10-30 térfogat% légbuborékot tartalmaz, adalékanyagának legnagyobb szemmagysága mintegy 20 mm. Fő alkalmazási területe a kültéri teherhordó (teherbíró) és hőszigetelő betonok homlokzatképzése. (Grübl et al., 2001)

A zsaluzott látszóbeton felületek készítésének időszerű kérdéseiről a 2017. évi Beton-Kalender 1. kötetében olvashatunk mindenre kiterjedő tanulmányt (Goldammer et al., 2017). A Beton-Kalender e fejezetében (2017/VI.) a szerzők nemcsak részletesen bemutatják és elemzik a német „Merkblatt Sichtbeton” című műszaki útmutatót, hanem a DIN EN 1992-1-1:2011, a DIN EN 13670:2011 és a visszavont DIN 18217:1981 szabványok látszóbeton-vonatkozású előírásait is idézve írnak a különféle szaktervezők együttműködéséről, a próbafelületekről, a szabványszerű építéstechnikai előírásokról, a zsaluzat kiválasztásáról és előkészítéséről, a zsaluzat-leválasztószerekről, a távtartókról, a beton összetételéről és beépítéséről, a kizsaluzásról, a beton utókezeléséről és védelméről, a minőségbiztosításról, a látszóbeton megfelelőségének megítéléséről, az elkészült látszóbeton felület javításáról (kozmetikázásáról) stb. is.

Lásd még: Hőfűtő felületképzés

Látszólagos porozitás

A látszólagos porozitás az anyag tömegarányban kifejezett vízfelvételének és az anyag hőmérséklet függő relatív testsűrűségének szorzata ($p_{\text{látszólagos}} = n \times \delta_T$), más szóval az anyag térfogatarányban kifejezett vízfelvétele, amely kifejezhető térfogat%-ban is:

$$\begin{aligned} p_{\text{látszólagos}} &= \frac{n^{\text{térfogat\%}}}{100} = \frac{V_{\text{Víz}}}{V} = \\ &= \frac{\frac{M_{\text{Víz}}}{\rho_{\text{Víz}}}}{\frac{M}{\rho_T}} = \frac{M_{\text{Víz}}}{M} \times \frac{\rho_T}{\rho_{\text{Víz}}} = \frac{n^{\text{tömeg\%}}}{100} \times \delta_T \end{aligned}$$

ahol:

- $V_{\text{Víz}}$ = a pórusokba felvett víz térfogata, cm^3 ,
- V = az anyag (próbatest befoglaló) térfogata, cm^3 ,
- $M_{\text{Víz}}$ = a pórusokba felvett víz tömege a vizsgálati hőmérsékleten, g,
- M = a kiszáritott anyag tömege, g,
- $\rho_{\text{Víz}} = M_{\text{Víz}}/V_{\text{Víz}}$ = a víz sűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten, g/cm^3 ,
- $\rho_T = M/V$ = az anyag testsűrűsége, g/cm^3 ,
- $\delta_T = \rho_T/\rho_{\text{Víz}}$ = az anyag relatív testsűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten

Az anyag δ_T relatív testsűrűsége azt mutatja meg, hogy az anyag testsűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten hányszorosa a víz sűrűségének. Nemzeti szabványban nem találkozunk ezzel a fogalommal, de európai és nemzetközi szabványban fellelhető. Az MSZ EN 934-2:1999 "Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 2. Rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások és követelmények" című szabvány 1. táblázata a relatív sűrűsége (a vizsgált anyag sűrűségének és a víz sűrűségének hányadosa) ad követelmény értéket és a vizsgálat módját illetően hivatkozik az ISO 758 "Liquid chemical products for industrial use. Determination of density at 20 °C" (Folyékony vegyi termékek ipari felhasználásra. A sűrűség meghatározása 20 °C-on) című szabványra.

A látszólagos porozitás ($p_{\text{látszólagos}}$) és a tömegarányban kifejezett vízfelvétel (n) viszonya – ha ρ_T a kiszáritott anyag testsűrűsége és ρ_A a víz sűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten – a következő:

$$p_{\text{látszólagos}} > n, \text{ ha } \rho_T > \rho_{\text{Víz}}, \text{ mert ebben az esetben } \delta_T = \rho_T/\rho_{\text{Víz}} > 1,0$$

$$p_{\text{látszólagos}} = n, \text{ ha } \rho_T = \rho_{\text{Víz}}, \text{ mert ebben az esetben } \delta_T = \rho_T/\rho_{\text{Víz}} = 1,0$$

$$p_{\text{látszólagos}} < n, \text{ ha } \rho_T < \rho_{\text{Víz}}, \text{ mert ebben az esetben } \delta_T = \rho_T/\rho_{\text{Víz}} < 1,0$$

Ha az építőanyag testsűrűsége (ρ_T) a víz sűrűségénél ($\rho_{\text{Víz}}$) nagyobb, azaz a relatív testsűrűség (δ_T) 1,0-nél nagyobb, akkor a látszólagos porozitás ($p_{\text{látszólagos}} = n \times \rho_T/\rho_{\text{Víz}}$) a tömegarány szerinti vízfelvételnél (n) nagyobb, és fordítva. Például, ha a víz sűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten $\rho_{\text{Víz}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$, és a beton testsűrűsége $\rho_T = 2,4 \text{ g/cm}^3$, tömeg szerinti vízfelvétele pedig $n^{\text{tömeg\%}} = 3,5 \text{ tömeg\%}$, akkor a térfogat szerinti vízfelvétel $n^{\text{térfogat\%}} = n^{\text{tömeg\%}} \times \rho_T/\rho_{\text{Víz}} = 3,5 \times 2,4/1,0 = 8,4 \text{ térfogat\%}$.

SZÁMPÉLDA A LÁTSZÓLAGOS POROZITÁSRA:

Legyen egy anyag

anyagsűrűsége: $\rho_A = 3000 \text{ kg/m}^3$

testsűrűsége: $\rho_T = 2400 \text{ kg/m}^3$,

amiből a tömörsége: $t = 2400/3000 = 0,8$

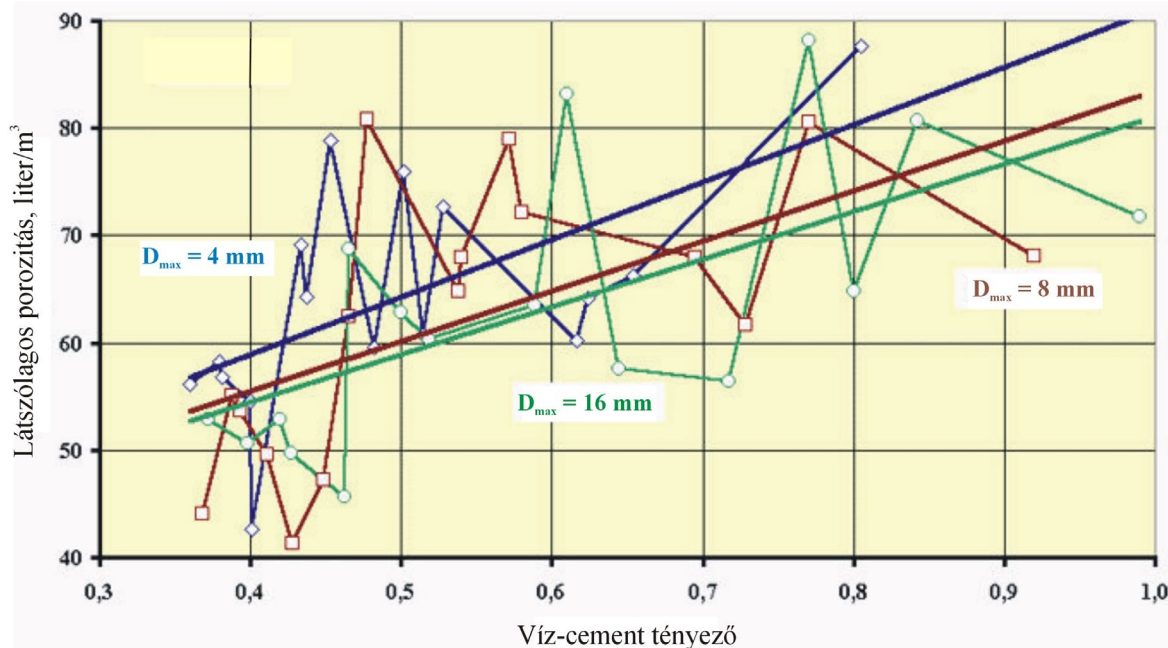
a porozitása: $p = 1 - 0,8 = 0,2$

vízfelvétele (tömegarány) teljes víztelítés esetén: $n = 200/2400 = 0,08333 < 0,2 = p$

látszólagos porozitása: $p_{\text{látszólagos}} = n \times (\rho_T / \rho_{Viz}) = 0,08333 \times 2400 / 1000 = 0,2$

vagy $p_{\text{látszólagos}} = \text{vízfelvétel (térfogatarány)} = \text{víztérfogat} / \text{testtérfogat} = 200 / 1000 = 0,2$, azaz a látszólagos porozitás teljes (például fokozatos) víztelítés esetén a porozitás közelítő értéke. Ez a legfontosabb ilyen mutató.

Az 1.5.L2. ábrán láthatjuk, hogy a beton látszólagos porozitását alapvetően a víz-cement tényező befolyásolja, növekvő víz-cement tényezőhöz általában növekvő látszólagos porozitás tartozik. Az ábrabeli betonok CEM I 42,5 N jelű portlandcementtel, 150-790 kg/m³ közötti cementadagolással, 4 mm, 8 mm és 16 mm legnagyobb szemnagyságú, és 3,76-6,62 közötti finomsági modulusú homokos kavics adalékanyaggal, a földnedvestől a folyósig terjedő konzisztenciával készültek. (Kausay, 1998)



Forrás: <http://www.betonopus.hu/notesz/viztartalom.pdf>

1.5.L2. ábra: Példa a beton látszólagos porozitásának tendenciájára a víz-cement tényező és adalékanyag legnagyobb szemnagysága függvényében (Kausay, 1998)

Lásd még: Relatív testsűrűség

Le Chatelier-gyűrű

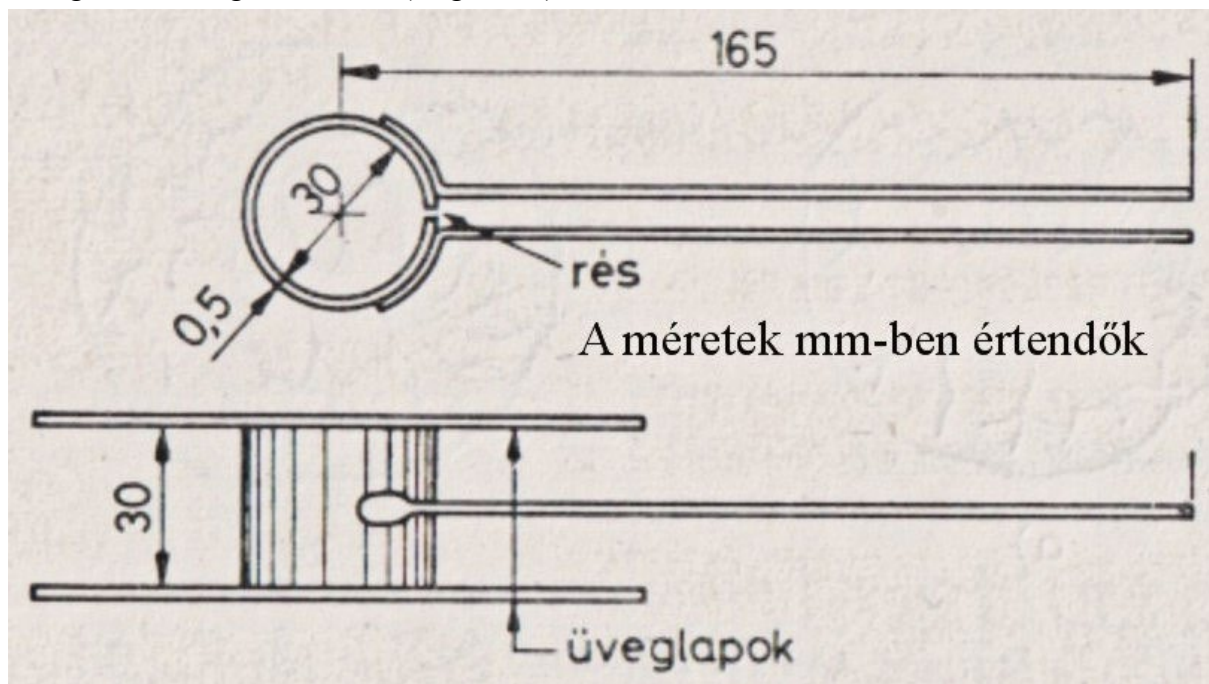
A Le Chatelier¹¹⁶-gyűrű (1.5.L3. ábra) a cementek térfogatállandóságának MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerinti vizsgálóeszköze, amely egy hossz tengely irányban hasított, 0,5 mm lemezvastagságú, 30 mm átmérőjű, rozsdamentes, például sárgaréz henger, amely a rés mindkét oldalán egy-egy 150 mm hosszú tűt hordoz (1.5.L3. és 1.5.L4. ábra), és amely gyűrű rugóerejét erre szolgáló eszközön (1.5.L5. ábra) ellenőrizni kell. A gyűrű olyan mértékben legyen rugalmas, hogy a résnél (az egyik tű tövéénél) felfüggesztett a gyűrűre (a másik tű tövéénél) akasztott (300 ± 1) g tömeg által kifejtett erő hatására a tűhegyek közötti távolság maradó alakváltozás nélkül, összesen kétszer legalább 15 mm-rel növekedjék.

¹¹⁶ Henry Louis Le Chatelier (1850, Párizs – 1936, Miribel-les-Échelles) francia kémikus, kohász és fizikus. 1873-ban doktorált a Párizsi Egyetemen (Université de Paris), majd 1878 és 1925 között kémiát tanított az École des Mines-en, a Collège de France-on és a Sorbonne-on. A termodinamika „legkisebb kényszer elvét” (más néven a Le Chatelier-Braun elvet, amely kimondja, hogy ha egy egyensúlyi állapotú kémiai rendszer koncentrációja, hőmérséklete vagy össznyomása megváltozik, akkor az egyensúly eltolódik a változás minimalizálása érdekében) 1888-ban fogalmazta meg. Számos intézménynek volt a tagja és kitüntetésnek a birtokosa. (https://de.wikipedia.org/wiki/Henry_Le_Chatelier), (https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Louis_Le_Chatelier)

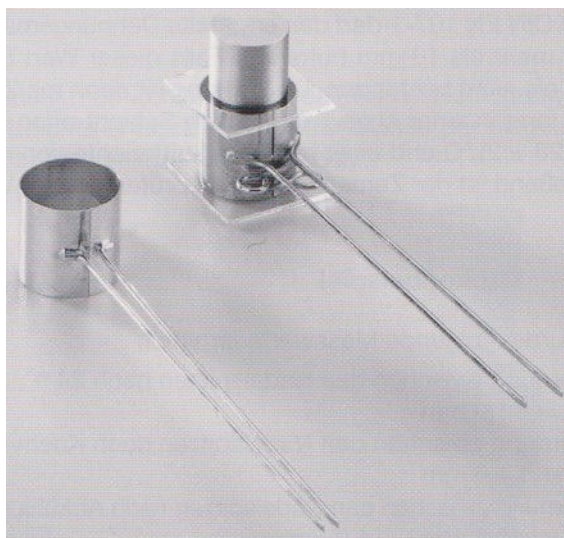
A térfogatállandóság-méréshez a szabványos cementpéppel frissen töltött *Le Chatelier*-gyűrűt ($24 \pm 0,5$ óra hosszára $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ hőmérsékletű és legalább 90% relatív páratartalmú klímaberendezésbe vagy $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vízfürdőbe kell helyezni, majd onnan kivéve 0,5 mm pontossággal meg kell mérni a tűk hegyei közötti távolságot („A” mérés). Ezt követően a cementpéppel töltött gyűrűt vízfürdőbe kell helyezni, amelynek vizét (30 ± 5) perc alatt fel kell forralni és (180 ± 5) percen át forrásban kell tartani, majd onnan kivéve hagyni kell $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ hőmérsékletre lehűlni. Lehűlés után 0,5 mm pontossággal meg kell mérni a tűk hegyei közötti távolságot („C” mérés).

A cement térfogatállandósági duzzadása a „C” mérés és az „A” mérés mm-ben kifejezett különbsége, más szóval a tűk hegyei közötti távolságváltozás a forralás hatására $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ hőmérsékleten mérve.

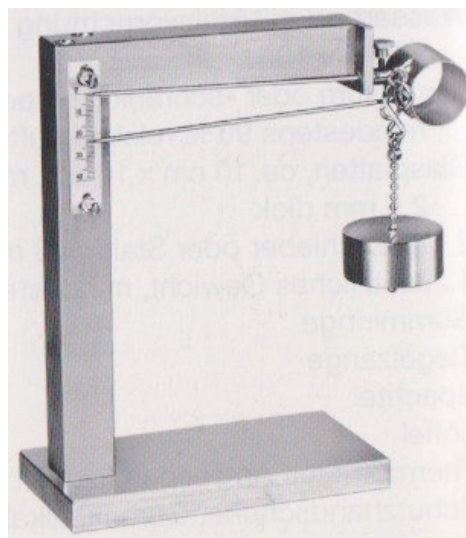
Az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint az általános felhasználású cementek térfogatállandósági duzzadása („tágulása”) nem lehet több, mint 10 mm.



1.5.L3. ábra: A *Le Chatelier*-gyűrű rajza (Palotás et al. 2. kötet, 1979)



1.5.L4. ábra: A *Le Chatelier*-gyűrű üveglapokkal és 300 g tömegű súllyal (Iken et al., 2012)



1.5.L5. ábra: Rugóerőmérőeszköz a *Le Chatelier*-gyűrűhöz (Iken et al., 2012)

Ha a cement nagyon gyorsan köt, és a gyors kötés miatt a *Le Chatelier*-gyűrűs vizsgálat nem alkalmazható, akkor a térfogatállandóságot a főzőpróbával kell ellenőrizni. (DIN 1164-11:2024)

Ajánlott irodalom: *Iken et al.* (2012), *Palotás et al.*, 2. kötet (1979), *Siebel szerk.*, 3. kötet (1957)

Lásd még: Térfogatállandóság

Ledeburit

A ledeburit 2,06% és 6,67% közötti széntartalmú vas-szén ötvözet.

Lásd még: Vas-szén ötvözetek

Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

A legkisebb hibanégyzetösszegek módszere kiválóan alkalmas az együtt értékelt mérési eredmények (vizsgálati eredmények) közötti összefüggéseket legkisebb hibával leíró regressziós görbék meghatározására, feltéve, hogy a hibák véletlen eredetűek.

Ha feltételezzük, hogy két mért mennyiség (x és y) közötti függvénykapcsolatot a felvett $Y = f(x)$ függvény írja le, és a hiba az i -edik együtt értékelt független változóhoz (x_i) tartozó függő változó mért értékének (y_i) és valamely $Y = f(x)$ közelítő regressziós függvény x_i független változóhoz tartozó Y függvényértékének a különbsége: $y_i - Y$, amelyből az F hibanégyzetösszeg-függvény:

$$F = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2$$

akkor előállíthatók az F függvénynek az $Y = f(x)$ függvény a , b , c stb. együtthatói szerinti deriváltjai: $\partial F/\partial a$, $\partial F/\partial b$, $\partial F/\partial c$ stb.

Az F hibanégyzetösszeg-függvénynek ott van szélsőértéke, esetünkben minimuma, ahol a deriváltjainak az értéke zérus: $\partial F/\partial a = 0$, $\partial F/\partial b = 0$, $\partial F/\partial c = 0$ stb. Ezt az egyenletrendszert megoldva megkapjuk az $Y = f(x)$ függvény a , b , c stb. együtthatóinak azon optimális értékeit, amelyek mellett a hibanégyzetösszegek a legkisebbek (1.5.L6. ábra).

Vegyünk egy egyszerű példát, legyen a függvénykapcsolatot feltételezéseink szerint jól leíró, felvett regressziós függvény alakja egyenes: $Y = a \times x + b$, és határozzuk meg az a és a b együtthatók értékeit:

$$Y = a \times x + b$$

$$F = \sum (y_i - Y)^2 = \sum (y_i - a \times x_i - b)^2 \Rightarrow \min$$

$$\frac{\partial F}{\partial a} = -2 \times \sum (y_i - a \times x_i - b) \times x_i = 0 \quad \frac{\partial F}{\partial b} = -2 \times \sum (y_i - a \times x_i - b) = 0$$

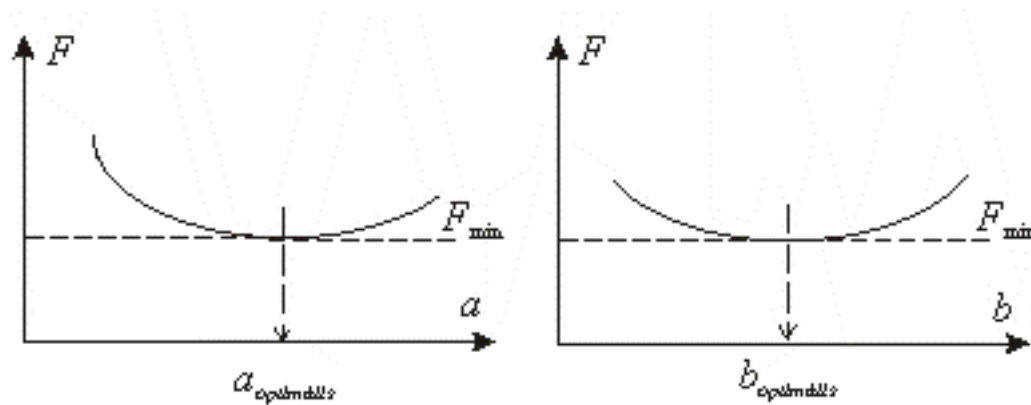
$$\sum x_i \times y_i - a \times \sum x_i^2 - b \times \sum x_i = 0 \quad \sum y_i - a \times \sum x_i - b \times n = 0$$

Meghatározandó részmennyiségek: $\sum x_i$ $\sum y_i$ $\sum x_i^2$ $\sum x_i \times y_i$

$$D_a = \begin{vmatrix} \sum x \times y & \sum x \\ \sum y & n \end{vmatrix} \quad D_b = \begin{vmatrix} \sum x^2 & \sum x \times y \\ \sum x & \sum y \end{vmatrix} \quad D = \begin{vmatrix} \sum x^2 & \sum x \\ \sum x & n \end{vmatrix}$$

$$a = \frac{D_b}{D}$$

$$b = \frac{D_a}{D}$$



1.5.L6. ábra: Regressziós függvény optimális együtthatóinak meghatározása a legkisebb hibanégyzetösszegek módszerével

Lásd még: Hiba és hibanégyzetösszeg, Regressziószámítás, Korrelációszámítás

Legkisebb négyzetösszegek módszere

Lásd: Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

Legnagyobb szemnagyság

Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága az adalékanyag szemmegoszlásának egyik legfontosabb geometriai jellemzője. Szokás *névleges* legnagyobb szemnagyságnak is nevezni, illetve a *felső szitamérettel* kifejezni. A betonadalékanyag keverék legnagyobb szemnagyságát a 8, 12, 16, 20, 24, 32, 40, 48, 63 mm nyílású sziták közül annak a legkisebb nyílású szitának a névleges méretével kell jellemezni, amelyik szemmegoszlása a határgörbék feltételének megfelel. Értelmezését részletesebben lásd *könyvünk* 5.3.3.1.3. fejezetében. Mértékegysége: mm, jele: D_{max} , D vagy d_{max}

Lejtő, lejtés

Lásd: Emelkedő, emelkedés

Lemezalakú szerkezeti elem

A lemezalakú szerkezeti elemek olyan hajlításra igénybe vett sík felületek, amelyekre a felület síkjára merőleges terhelés hat. A lemezalakú szerkezeti elemek kisebb támaszköze a lemez vastagságának legalább kétszerese, és szélessége a lemez vastagságának legalább négyszerese. (Lohmeyer et al., 2010)

A vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezetek lemezalakú szerkezeti elemei (Member with slab geometry, Plattenförmiges Bauteil) MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti szerkezeti osztályainak fokozata a nem lemezalakú szerkezeti elemek szerkezeti osztályainak fokozatához képest *könyvünk* 5.4., 5.5., 5.7. és 5.8. táblázata szerint csökkenthető.

Lásd még: Felületszerkezet

Levegőtartalom

A friss, bedolgozott beton megengedett levegőtartalmát.....képlettel számíthatjuk ki.

A friss, bedolgozott beton megengedett levegőtartalma *könyvünk* 10.2. táblázata

Lepénypróba

Lásd: Térfogatállandóság

Lég-áteresztőképesség

Lásd: Hidrodinamikai permeabilitás

Légbuborék

Angolul: Entrained air

Németül: Eingeführte Luftgahalt

A légbuborékképző adalékszerrel a beton fagy- és sóállóságának javítására a betonkeverékbe szándékosan bevitt levegő mennyiségét *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak, *légbuboréktartalomnak* nevezik. A légbuborékok közel gömb alakúak és mikroszkopikus méretűek. Átmérőjük általában kisebb, mint 750 µm (1000 µm = 1,0 mm), alakjuk közel gömb. A megszilárdult betonban a hatékonynak tekintett légbuborékok átmérője 10 µm és 300 µm között van, ezek mennyiségét a beton térfogat%-ában kifejezve A_{300} vagy például német nyelvterületen L_{300} jellel jelölik.

Lásd még: Hatékony légbuborék, <http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/58-legbuborek.pdf>

Légpórus

Légpórusnak a szilárduló betonban, illetve cementkőben akarattunk ellenére, gondos tömörítés mellett is visszamaradó, esetleges elrendeződésű, általában 10-1000 µm méretű pórusokat nevezzük.

Az olyan betont, amelyben a pórusok mérete az 1 mm-t erősen meghaladja – például 4 mm-nél nagyobb – és keletkezésük tömörítetlenségre vezethető vissza, fészkes betonnak, az ilyen „pórusokat” például durva pórusnak vagy üregnek nevezzük.

A sejtbetonok (gázképzővel készített gázbeton, kereskedelmi nevén „pórusbeton”, vagy habképzővel készített habbeton) zárt sejtjeinek átmérője általában legfeljebb 2 mm.

Lásd még: Levegőtartalom

Lényeges követelmény

Lásd: Alapvető követelmény (2013. július 1. óta)

Lisztfinomságú szemek

Az MSZ 4798:2016 szabványban a friss beton azon szilárd összetevőinek összegét, amelyek szemnagysága $\leq 0,125$ mm, azaz a cement, a kiegészítőanyag és az adalékanyag ebbe a tartományba eső szemeinek összegét *lisztfinomságú szemeknek* nevezik.

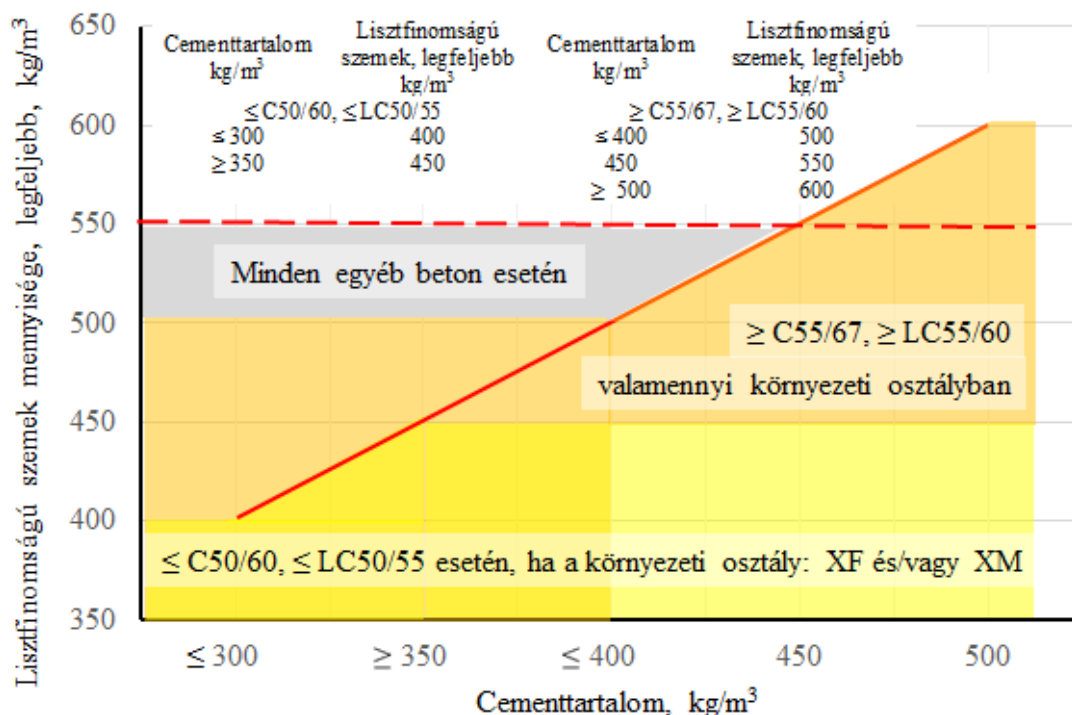
A lisztfinomságú (0,125 mm alatti) alkotóanyagok kellő mennyiségével elérhető, hogy a friss beton ne osztályozódjék szét, és ne eressze el a vizét (kivérzés). A túl sok lisztfinomságú szem megnöveli a fajlagos felületet és a vízigényt, ezáltal megnő a zsugorodás és a repedésképződés veszélye.

Az MSZ 4798:2016 szabvány D melléklete szerint a különleges mélyépítési (speciális geotechnikai) munkának számító

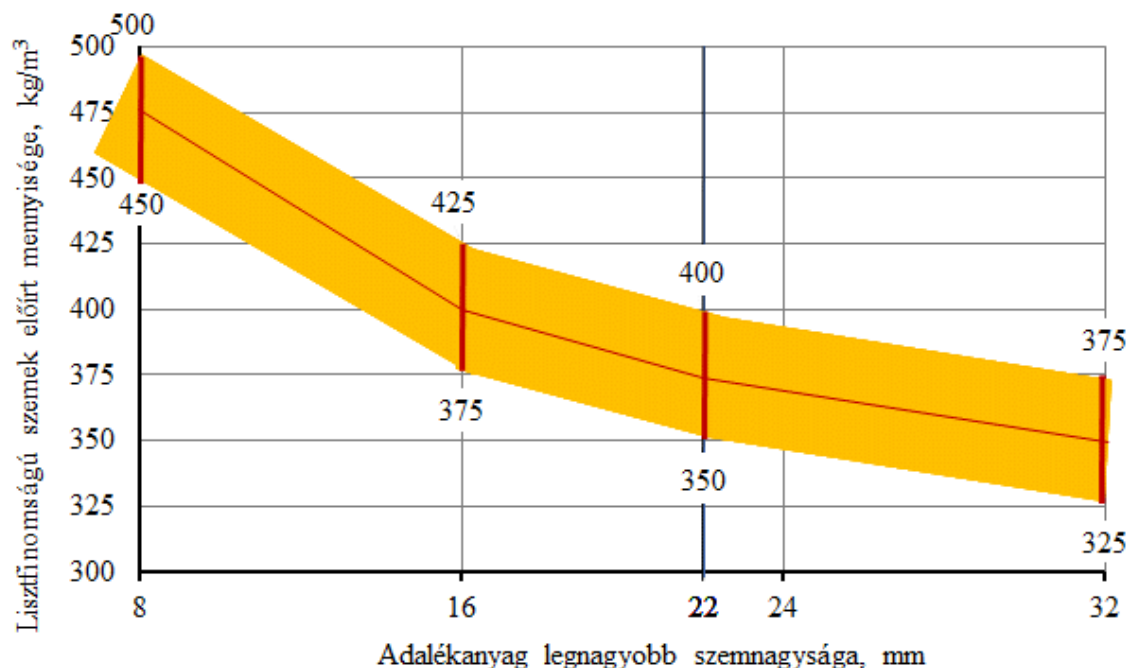
- fűrt cölöpök és talajkiszorításos cölöpök esetén a lisztfinomságú szemek mennyisége, ha a $D_{\max} > 8$ mm, akkor legalább 400 kg/m³, ha pedig a $D_{\max} \geq 4$ mm és $D_{\max} \leq 8$ mm, akkor legalább 450 kg/m³ legyen;
- résfalak esetén a lisztfinomságú szemek mennyisége 400-550 kg/m³ között legyen;
- mikrocölöpök esetén a lisztfinomságú szemek mennyisége legalább 375 kg/m³ legyen, és a legnagyobb szemnagyság legfeljebb 16 mm legyen.

A DIN 1045-2:2008 szabvány, illetve a DIN-Fachbericht 100:2010 jelentés 3.1.48 szakasza, valamint az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 3.1.47 szakasza szerint a lisztfinomságú szemeken szintén a legfeljebb 0,125 mm méretű szemeket értik, amelybe a cement, a legfeljebb 0,125 mm szemnagyságú adalékanyag (finomhomok) és a kiegészítőanyagok tartoznak.

A DIN 1045-2:2008 szabványban a lisztfinomságú szemeknek nem a megkövetelt, hanem a megengedett mennyiségét írták elő a beton és a könnyűbeton nyomószilárdsági osztálya és cementtartalom függvényében (1.5.L7. ábra). Az 1.5.L7. ábrabeli korlátok vízalatti betonozás esetén átléphetők.



1.5.L7. ábra: Lisztfinomságú (legfeljebb 0,125 mm méretű) szemek megengedett legnagyobb mennyisége a friss betonban a DIN 1045-2:2008 szabványban, feltéve, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 16 mm és 63 mm közé esik (XM a kopásállóság környezeti osztályának jele a német szabályozásban)



1.5.L8. ábra: Lisztfinomságú (legfeljebb 0,125 mm méretű) szemek kedvező mennyisége a friss betonban az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint F4 (területi mérték: 490-500 mm) konzisztencia osztályú beton esetén

Az F4 konzisztencia osztályú friss beton lisztfinomságú szemek kedvező mennyiségének tartománya az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint az 1.5.L8. ábrán látható. Szivattyúzott beton esetén a lisztfinomságú szemeknek a tartomány középvonala feletti sávba eső mennyisége alkalmazandó. Az öntömörödő beton lisztfinomságú szemeknek mennyisége legalább 500 kg/m³ legyen. Látszóbeton esetén a lisztfinomságú szemeknek a $\pm$ tartomány középvonala feletti sávba eső mennyisége, illetve annál legfeljebb 10%-kal több lisztfinomságú szem általában elegendő.

A lisztfinomságú szemekkel részletesebben a Beton című könyv M2. mellékletében foglalkoztunk. (Kausay, 2013)

Lásd még: Finomrész, Finompép, Adalékanyag pépigénye, Vízigény

Litracon üvegbeton

Lásd: Fényáteresztőbeton

Logaritmikus normális-eloszlás, lognormális-eloszlás

A logaritmikus normális valószínűségi eloszlás vagy röviden lognormális-eloszlás $\ln x$ alakú valószínűségi változója normális-eloszlású. A lognormális-eloszlás a normális-eloszlásból származtatható jobbra ferde (jobbra elnyúló) eloszlás, amelynek várható értéke és szórása transzformált abszcissa-tengely esetén nem egyezik meg a normális-eloszlás várható értékével és szórásával. (Hartung et al., 2009), (Mosostory, 2002), (Rényi, 1966), (Vincze E., 1972), (Vincze I., 1958), (Vincze I. 1968)

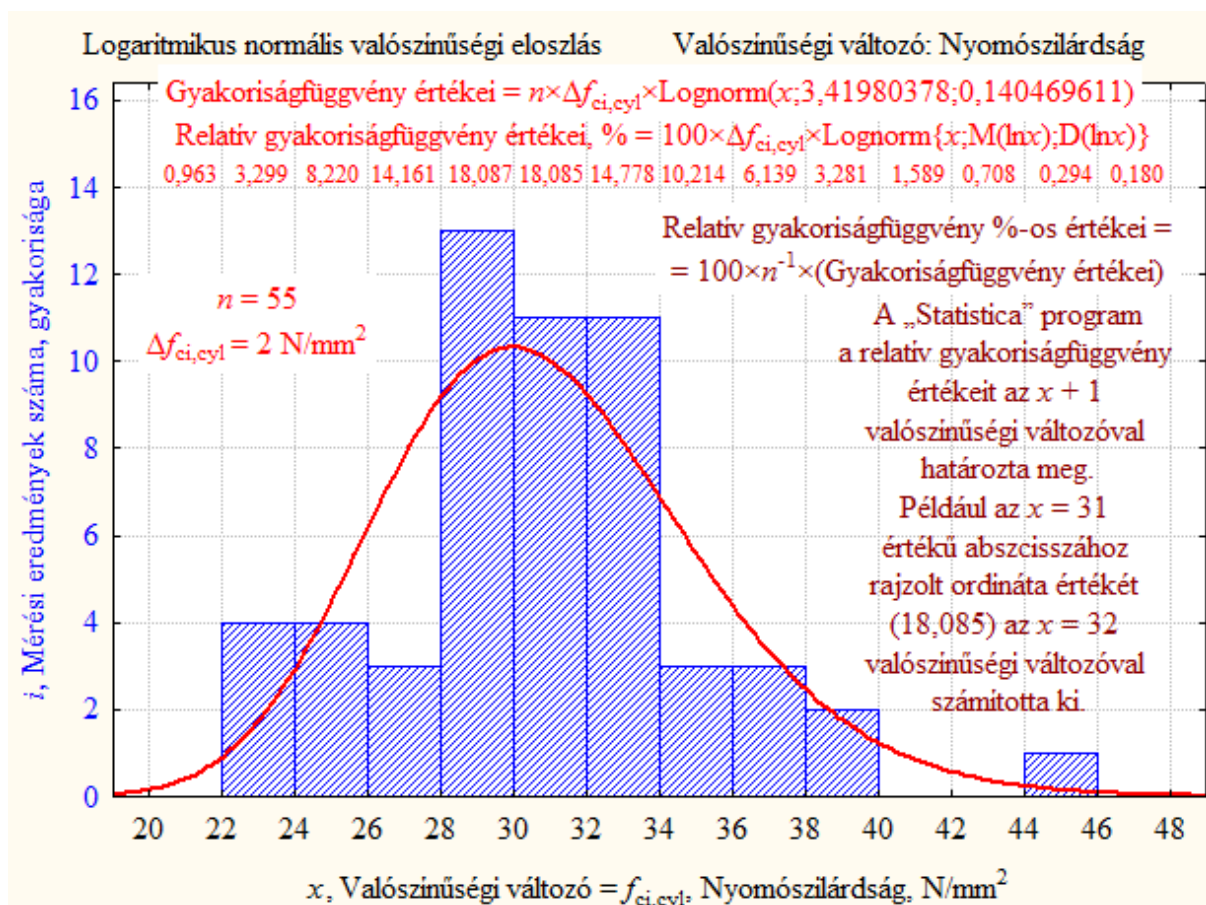
A lognormális-eloszlás sűrűségfüggvénye (1.5.L9. ábra):

$$p'(x; M(\ln x); D(\ln x)) = f(x; M(\ln x); D(\ln x)) = \frac{1}{x \times D(\ln x) \times \sqrt{2 \cdot \pi}} \times e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(\ln x - M(\ln x))^2}{D(\ln x)^2}}$$

és eloszlásfüggvénye:

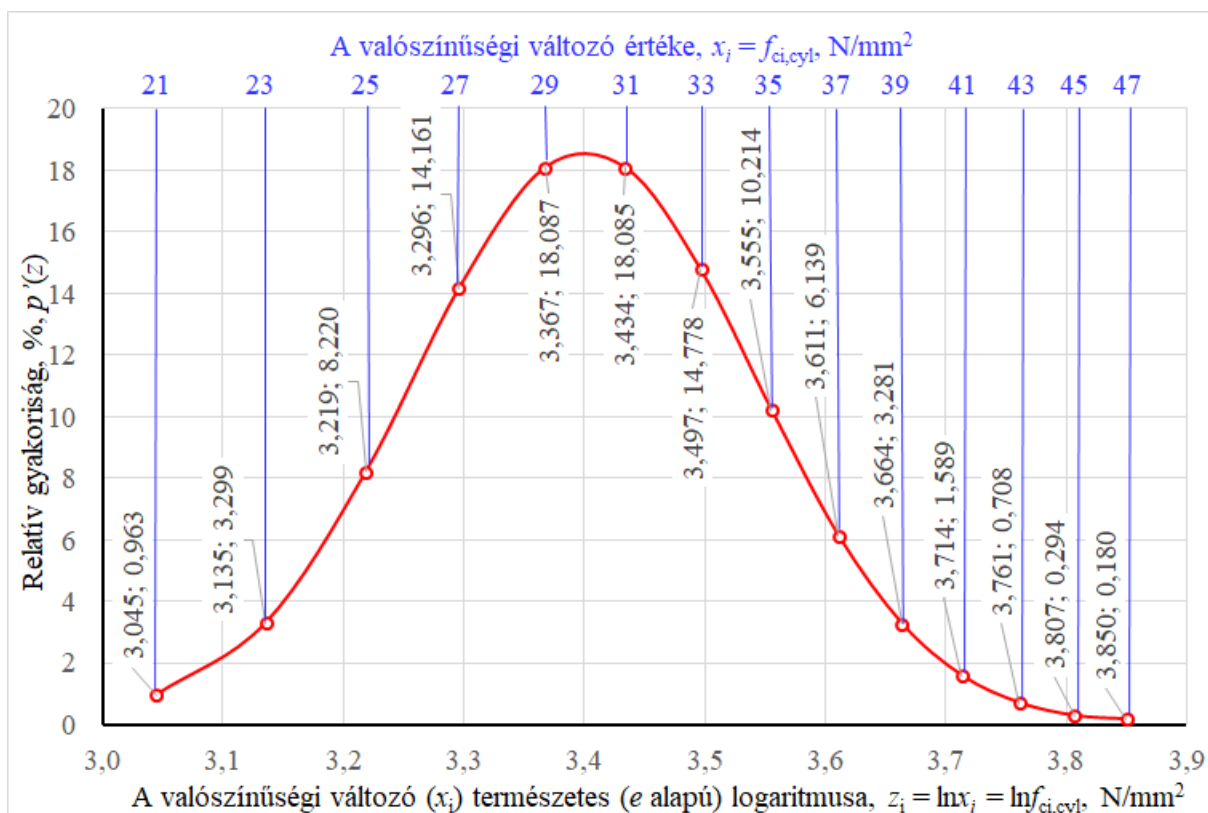
$$p(x; M(\ln x); D(\ln x)) = F(x; M(\ln x); D(\ln x)) = \frac{1}{D(\ln x) \times \sqrt{2 \cdot \pi}} \times \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(\ln x - M(\ln x))^2}{D(\ln x)^2}} dx$$

A sűrűségfüggvény alatti terület nagysága 1,0, illetve a relatív gyakoriságokat százalékban kifejezve 100%.



1.5.L9. ábra: Példa a logaritmus normális-eloszlás (lognormális-eloszlás) hisztogramra rajzolt gyakoriság-, illetve relatív gyakoriságfüggvényére (sűrűségfüggvényére)

A logaritmus normális-eloszlású (lognormális-eloszlás) x valószínűségi változó relatív gyakoriságfüggvénye (sűrűségfüggvénye) nem szimmetrikus, jobbra elnyúló görbe (1.5.L9. ábra). Ha az x valószínűségi változót az Euler-féle „természetes szám” ($e \sim 2,718282$) alapján logaritmáljuk, akkor a relatív gyakoriságfüggvény (sűrűségfüggvény) görbéje többé-kevésbé szimmetrikussá, akár a normális-eloszlás sűrűségfüggvényének görbét jól megközelítő görbévé válik (1.5.L10. ábra). (Hartung et al., 2009)



1.5.L10. ábra: Példa a logaritmus normális-eloszlás (lognormális-eloszlás) természetes logaritmus ($\ln$) abszcisszájú relatív gyakoriságfüggvénye (sűrűségfüggvénye) görbéjére

Megjegyzés: A természetes logaritmus ($\ln x$) abszcisszájú logaritmus normális-eloszlás (lognormális-eloszlás) görbéje nem tévesztendő össze a 10-es alapú logaritmus ($\lg x$) abszcisszájú eloszlás (például a betonadalékanyag szemmegoszlásának) görbéjével.

L. Fischer (1995) szerint a $V_x = 0,2$ relatív szórású logaritmikusan normális-eloszlás 5%-os küszöbértéke mintegy 5,5%-kal, a $V_x = 0,4$ relatív szórású logaritmikusan normális-eloszlás 5%-os küszöbértéke mintegy 40%-kal nagyobb, mint a normális-eloszlás 5%-os küszöbértéke. A logaritmikusan normális-eloszlás $V_x \leq 0,1$ relatív szórás esetén a normális-eloszláshoz tart, és átlagértéke az $M(\ln x) = \ln M(x)$ összefüggéssel viszonylag jól kifejezhető. A normális-eloszlás és a logaritmikusan normális-eloszlás 5%-os küszöbértéke között $V_x \leq 0,1$ relatív szórás esetén gyakorlatilag nincs különbség.

Ujhelyi János (1978, 1982) szerint a beton nyomószilárdságának eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B 50 – B 140, mai C16/20 alatti betonok) tartományában, vagy erősen képlékeny konzisztencia esetén a jobbra ferde (jobbra elnyúló) logaritmikusan normális-eloszlással közelíthető.

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode méretezési szabvány szerint a megbízható tervezési érték meghatározásához a normális- és a Gumbel-eloszlás mellett a lognormális-eloszlás alkalmazható. E szabvány szerint a tervezést segítő kísérletek szilárdsági eredményei normális- vagy lognormális-eloszlás feltételezésével értékelhetők.

Lásd még: Extrémérték-eloszlás, Normális-eloszlás

Lövelt beton (újabb megnevezés), **lőttbeton** (régi megnevezés)

Angolul: Shotcrete

Németül: Spritzbeton

1974 decembere a sűrített levegős habarcs, illetve betonszórás története időhatárának tekinthető, mert a lövelt beton fogalma ekkor lépett a lényegében száraz-technológiájú torkrétbeton fogalma helyére. A torkrétbeton XX. századi alkalmazásának általános elterjedése

az építési gyakorlatban szükségessé tette az eljárás szabványosítását, és az elsőként kidolgozott német DIN 18551:1974 „Spritzbeton című előszabvány (mai változata: DIN 18551:2014) bevezetésével¹¹⁷ a Torkretverfahren” (torkrét-eljárás) megnevezést „hivatalosan” a

¹¹⁷ A tömör szövetszerkezetű lövellt betonból készített beton vagy vasbeton teherhordó szerkezetek kivitelezésére vonatkozó, a száraz- és vizes-technológiájú habarcs- és betonszórásról is tárgyaló egykori DIN 18551:1974 előszabvány szerint:

- Száraz-lövellés esetén a cementből, adalékanyagból (Zuschlagstoff), esetleg kiegészítőanyagból (Zusatzstoff) és poralakú adalékszerszerből (Zusatzmittel) álló keveréket például szelepvezérlésű zsilipes (ventilgesteuerte Schleusenkammer) szállítással vagy rotoros kamrás (rotierende Behältertasche) vagy szállítócsigás (Förderschnecke) továbbítással vékony-sugárban (Dünnstrom), sűrített levegővel a szállítóvezeték végén lévő fúvókához juttatták, ahol ahhoz a keverővizet és esetleg a folyékony adalékszerzt hozzáadták.
- Vizes-lövellés esetén a keverővizet is tartalmazó keveréket például szelepvezérlésű zsilipes szállítással vagy szállítócsigás továbbítással vékony- vagy sűrű-sugárban (Dichtstrom) a szállítóvezetékbe juttatták. Sűrű-sugaras szállítás esetén a szállítóvezetékben a nedves keveréket például dugattyús vagy csigás vagy rotoros szivattyú segítségével juttatták a fúvókához, ahol a sűrű-sugaras keveréket sűrített levegővel nagysebességű vékony-sugárrá alakították, és ahol szükség esetén a nedves keverékhez a folyékony adalékszerzt is hozzáadták.
- Az adalékanyag folytonos szemmegoszlású és szemei természetesen legömbölyödöttek legyenek. A száraz keverék adalékanyagának – azon belül főképp a homoknak – nedvességtartalma egyenletes, és a keveréshez és szállításhoz elegendően kicsi legyen.
- A betonacélok kis keresztmetszetűek legyenek, az acélbetétek közötti szabad távolság legalább 5 cm legyen, szerkezeti megerősítéshez esetenként 5 cm-nél kisebb hálónyílású huzalháló alkalmazható.
- A felszört beton összetétele a visszapatlanás miatt eltér a kiindulási keverék összetételétől. A kiindulási keverék cementtartalmát tehát úgy kell meghatározni, hogy a megszilárdult beton elérje a kívánt tulajdonságokat.
- Száraz-technológiájú lövellés esetén olyan legyen a vízadagolás, hogy kellő tömörség és tapadás mellett a visszahullás a lehető legkevesebb legyen. Vizes-technológiájú lövellés esetén a víz hozzáadásakor figyelembe kell venni a sűrű-sugaras szállítás cementtartalomtól függő feltételeit is.
- A friss beton konzisztenciája száraz-lövellés esetén földnedves (steif), míg vizes-lövellés esetén a szállítási módtól függően: vékony-sugaras szállítás esetén: K 1 – K 2 tartományú, sűrű-sugaras szállítás esetén K 2 – K 3 tartományú legyen.

Magyarázat: A DIN 1045:1972 szabvány 2. táblázata (6.5.3. szakasz) szerint „K 1” a földnedves beton (steifer Beton), „K 2” a kissé képlékeny beton (plastischer Beton, területi mértéke: ≤ 40 cm), „K 3” a nagyon képlékeny – folyós beton (weicher Beton, területi mértéke: 41-50 cm) konzisztenciájának a jele.

- A lövellt betont nyomószilárdsági csoportja általában B I, különleges esetekben, mint például a nagyobb szilárdságú vagy különleges (vízzáró, fagyálló, kémiai hatásoknak ellenálló) szerkezetek megerősítése során stb., B II volt.

Magyarázat: A DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata (6.5.1. szakasz) szerint a „B I” nyomószilárdsági csoportba a Bn 50, Bn 100, Bn 150, Bn 250 nyomószilárdsági osztályú, a „B II” nyomószilárdsági csoportba a Bn 350, Bn 450, Bn 550 nyomószilárdsági osztályú betonok tartoztak. A betont a vegyesen tárolt, 28 napos korú, 200 mm élhosszúságú próbakockák kp/cm^2 -ben kifejezett névleges nyomószilárdságával (Nennfestigkeite, β_{wN}) jellemezték. A névleges nyomószilárdság követelménye akkor teljesült, ha az egyenként három próbakockából álló valamennyi széria átlagos nyomószilárdsága elérte a követelményértéket. Az egykori Bn 250 nyomószilárdsági osztály a mai (MSZ 4798:2016 szabvány szerinti) C16/20, az egykori Bn 350 nyomószilárdsági osztály a mai C25/30 nyomószilárdsági osztálynak felel meg.

- Vasbetonszerkezetek esetén a betonfedés legalább 20 mm volt.
- A lövellt beton fogadófelületét sűrített levegővel és vízsugárral, vagy homokszórással meg kellett tisztítani, és ha az talaj, akkor tömöríteni, ha pedig beton, akkor lehetőleg érdesíteni is kellett. A száraz fogadófelületeket előnedvesítették.
- A száraz keverékeket a DIN 1045:1972 szabvány 9.3.1. szakaszában előírtaknál (általában legalább 1 perc) fél perccel hosszabb ideig kellett keverni.
- Előírták, hogy a fúvókában végződő szórócsövet a felhordási felületre lehetőleg merőlegesen kell tartani; a fúvóka és a fogadó felület közötti távolság a szört keverék kilépési sebességétől függően általában 0,5-1,5 m között legyen.

„Spritzbeton (lövellt beton, löttbeton) megnevezés váltotta fel, ebbe már beleértve a vizes-technológiájú betonlövellést is.

A lövellt betonnak a szokványosan felhordott betonnál általában nagyobb a húzó- és nyomószilárdsága, rugalmassági modulusa és többnyire jobb a vízzárósága, valamint a felületi kötése is. (Palotás et al., 1980)

A lövellő berendezések két rendszere terjedt el: az egyiknél vizes keverék kerül a fúvókába, a másiknál a csővezetéken száraz keverék jut a fúvókához, és csak ott keveredik a vízzel. Több réteg felhordása esetén a következő réteg rálövellését csak az előző kellő megszilárdulása után szabad megkezdeni. Jól záró lövellt beton réteget csak gondos utókezeléssel lehet biztosítani: a lövellt beton felületét ezért 14- 28 napig állandóan nedvesen kell tartani. (Palotás et al., 1980)

A lövellt beton készítése még nagyon gondos munkánál is nagy anyagvesztésekkel jár, mert a keverék 5-10%-a a levegőben szétporlad, ennél jóval nagyobb része pedig a felületen szétfroccsen, és onnan leperreg. Ezt a hulladékot az adagolótölcsérbe visszarakni nem szabad, mert eltömődést okoz, más betonozáshoz azonban fel lehet használni. A veszteségek csökkenthetők a fúvóka keresztmetszetének szűkítésével, homokdús és nagy cementtartalmú keverék alkalmazásával és a kilövellési sebesség célszerű megválasztásával. (Palotás et al., 1980)

Hazánkban a löttbetonról (a löttbeton szinonimája a lövet betonnak) az ÉMI (Építésügyi Minőségellenőrző Intézet) kiadványsorozatában, 1980-ban, a 45. kiadványként *Pásztor Rezső*¹¹⁸ írt könyvet, amelyben a löttbeton technológiájával, a löttbetonos eljárás célgepeivel, a löttbeton minőségével és minőségellenőrzésével foglalkozik, és bemutatja a Dorogi Szénbányák Vállalat kivitelezésében löttbeton technológiával készült szerkezeteket is.

Pásztor Rezső „A löttbeton” című könyvében írja, hogy száraz löttbeton eljárás esetén a betonlövőgéppel a megkevert száraz habarcs- vagy betonkeveréket sűrített levegő segítségével (pneumatikus szállítás) csővezetékben vagy tömlőn keresztül a lövőcsőbe szállítják, és a keverővizet a lövőcső végén lévő szóróágyúnál adagolják a száraz keverékbe. A visszahullás a függőleges falról 20-25%, fej feletti részről 35-40%. (*Pásztor*, 1980)

A vizes löttbeton eljárás esetén a betonlövőgépbe a friss betonkeveréket adagolják. A különálló betonkeverőgép növeli ugyan a gépigényt, de egyenletes betonminőséget eredményez, hiszen a szállítás és lövellés alatt a keverék nem módosulhat. A vizes-technológia előnye a száraz-technológiával szemben az egyenletesebb betonminőség, és a kisebb porképződés. A vizes-technológiájú friss habarcs- vagy betonkeveréket szivattyúzással, vagy pneumatikusan lehet a löttbeton-csőben továbbítani. (*Pásztor*, 1980)

A friss keverék szivattyús szállítása esetén a beton víz-cement tényezője 0,5-0,6, kúproskadása 30-40 mm. Habarcs-szivattyúk esetén a legnagyobb szemnagyság legfeljebb 7

A ma érvényes DIN 18551:2014 szabvány a DIN EN 14487-1:2006 és DIN EN 14487-2:2006 szabvány német alkalmazási dokumentuma, amely a tömör szövetszerkezetű normál- és könnyűbeton szerkezeti elemek megerősítésére, új teherhordó szerkezetek készítésére, munkagödrök, üregek és rézsúk biztosítására szolgáló lövellt beton alkalmazások feltételeire és méretezési előírásaira, valamint a felületkiegyenlítő, -simító lövellt habarcsokra vonatkozik. Az egyéb lövellt habarcsokra vonatkozó előírások a DIN 18551:2010 szabványból átkerültek a DAfStb „Betonelemek védelme és javítása” (DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen”) műszaki irányelvbe.

¹¹⁸ Dr. *Pásztor Rezső* (1937, Budapest – 1992, Budapest) okl. híd- és szerkezetépítő szakos építőmérnök (1961), vasbetonépítési szakmérnök (1967), előregyártási szakmérnök (1971). Doktori címet a Műegyetemen „A löttbeton technológia” című értekezésével 1982-ben nyert. Munkahelyei: különböző vasbeton-előregyártóüzemek (1961-1970), ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Intézet (1970-1986), Comporgan Mérnöki Szolgáltatások Leányvállalata (1986-1992). Oktatott az Ybl Miklós Főiskolán (1975-1985), a BME Vasbetonszerkezetek Tanszéken (1979-1983), a BME Építőanyagok Tanszéken (1989). A „Beton-adalékanyag lelőhelyek” (1978), „A löttbeton” (1980), a „Betonadalékszerek” (1984) című könyveit az Építésügyi Tájékoztatási Központ adta ki. Folyóirat cikkeinek száma 31. (Forrás: *Balázs* et al., 2009)

mm, beton-szivattyúk esetén a 30 mm-es legnagyobb szemnagyság is elérhető. Mind a habarcs-, mind a beton-szivattyúk energiája csak a keverék szállítására elegendő, emiatt a fellövéshez a szóróágyúnál pótlevegő bevezetésére van szükség. A szivattyús gépekkel fellőtt keverék tapadása és tömörsége olykor kívánni valót hagy maga után, ezért a szivattyús-technológia csak alárendelt építési feladatok esetén alkalmazható. (Pásztor, 1980)

A friss keverék pneumatikus szállításával „statikai beton” készíthető. A beton víz-cement tényezője általában 0,38-0,42, a tömörödési tényező 92-95%, a legnagyobb szemnagyság 30 mm is lehet. A visszahullási veszteség függőleges falról 10-20%, fej feletti részről 20-30%. (Pásztor, 1980)

Az acélszál-erősítésű lövellt beton alkalmazásáról – különös tekintettel az alagútépítésre – a belga *Bekaert* acélgyár kiadásában *Marc Vandewalle* írt könyvet (Vandewalle, 1990), lásd könyvünk „Szál-erősítésű lövellt beton” szócikkét.

Az osztrák alagútépítésben jelentős szerepet játszott, illetve játszik a lövellt beton technológia, ami magyarázatát adja annak, hogy az Osztrák Betonegyesület (Österreichischer Betonverein) 1989-ben, illetve 1992-ben kiadta az osztrák lövellt beton műszaki irányelv 1. részének és 2. részének első változatát, amelyeknek az Osztrák Beton- és Építéstechnikai Egyesülés (ÖVBB Österreichischer Vereinigung für Beton- und Bautechnik) által, az időközben életre hozott európai szabványok figyelembevételével is átdolgozott, napjainkban érvényes változata a 2009 decemberében kiadott ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton. Ennek az osztrák lövellt beton műszaki irányelvnek a középpontjában hagyományosan az alagútépítés áll.

A lövellt beton európai szabványainak alapját az EFNARC¹¹⁹ műszaki irányelv (EFNARC Sprayed Concrete, 1999) képezte, amelyet német nyelven is kiadtak (EFNARC Spritzbeton, 2000).

Napjainkban a régi és új szerkezeti elemek, valamint egyéb fogadófelületek megerősítésére szolgáló száraz- és a nedves technológiájú lövellt beton (lőttbeton) tulajdonságait az MSZ EN 14487-1:2023, kivitelezésének szabályait az MSZ EN 14487-2:2007 szabványban tárgyalják.

Az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány (és a 2009 decemberében kiadott ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton műszaki irányelv) szerint:

- A lövellt beton az alapkeverékből készült beton, amelyet a fogadófelületre sűrített levegővel (pneumatikusan) visznek fel és az ütközési energiával tömörítik.
- A száraz-technológiájú lövellés a csak természetes nedvességet tartalmazó száraz betonkeverék lövellési módja. A gyárilag kevert száraz keverék (TROCKEN-MISCHGUT, TM) nedvesség-tartalma legfeljebb 0,5 tömeg%, a helyszínen kevert nedves keverék (FEUCHT-MISCHGUT, FM) adalékanyagának nedvesség-tartalma legfeljebb 6 tömeg% lehet. A helyszínen kevert nedves keverék vagy néhány óra hosszát tárolható (FEUCHT-MISCHUNG, LAGERFÄHIG, FM-L) vagy azonnal felhasználandó (FEUCHT-MISCHGUT MIT SOFORTIGER ANWENDUNG, FM-S).

¹¹⁹ Az EFNARC (European Federation of National Associations Representing for Concrete, Flums, Svájc) a különleges betonépítési terméket gyártó és felhasználó nemzeti társaságok (például: Bekaert, Mapei, Martin Tunnel Ag, Robocon, Sika stb.) 1989-ben alapított non-profit európai érdekképviselői szövetsége, amelynek fő tevékenységi területe a föld alatti építési technológia és a lövellt beton kérdésköre. Az EFNARC továbbítja a CEN műszaki bizottságai felé a tagjai lövellt beton, padlóburkolatok, betonszerkezetek védelme és javítása tárgyú európai műszaki irányelvekre és szabványokra vonatkozó észrevételeit és véleményét. Az EFNARC 1991 elején megalakult Lövellt Beton Technikai Bizottsága (angolul: Technical Committee for Shotcrete, németül: Technische Komitee für Spritzbeton) 1993-ban elkészítette a lövellt betonnal foglalkozó műszaki irányelv angol nyelvű tervezetét, amellyel kapcsolatos észrevételek figyelembevételével kidolgozott műszaki előírás végleges angol nyelvű változatát először 1996-ban, és végleges német nyelvű változatát pedig először 1997-ben adták ki. (<https://efnarc.org>)

- A száraz-technológiájú lövellés betonkeverőgépe mikroprocesszor vezérlésű legyen. (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)
- A gyárilag kevert száraz keverék (TROCKEN-MISCHGUT, TM) legfeljebb 0,2 tömeg% nedvesség-tartalmú adalékanyagból készíthető cementtel vagy cement és kötőgyorsító keverékével vagy esetleg lövellt betonhoz való gyorskötőanyaggal (Spritz-Bindemittel, SBM). A gyárilag kevert száraz keverék akár több hónapig is tárolható.. (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)
 - A vizes-technológiájú lövellés a keverővizet tartalmazó, adott víz-cement tényezőjű friss betonkeverék, az ún. vizes keverék (NASS-MISCHGUT, NM) lövellési módja.
 - A vékony-sugaras szállítás (DÜNNSTROMFÖRDERUNG) során az alapkeveréket tömlőkön vagy csöveken sűrített levegővel szállítják a fúvókához, ahol az anyagáram energiája a keverék lövellésére és tömörítésére hasznosul.
 - A sűrű-sugaras szállítás (DICHTSTROMFÖRDERUNG) során, amely csak vizes-technológiájú lövellés esetén alkalmazható, szivattyúzással juttatják a nedves keveréket a fúvókához, ahol az odavezetett sűrített levegő a keveréket kilöveli és ütközéskor tömöríti.
 - A fúvóka a szállítóvezeték végén lévő alkatrész, amelyen keresztül a keverék kiáramlik. A fúvóka keverőegységbe – az eljárástól függően – vizet, sűrített levegőt és/vagy adalékszeret fecskendeznek be az alapkeverék anyagáramába.
 - A környezeti osztályok EN 206, illetve MSZ 4798 szabványbeli követelményei betartandók, de az alapkeverék cement-tartalma legalább 300 kg/m³ legyen. A levegőtartalomra vonatkozó követelmény nem vonatkozik a lövellt betonra. A levegőtartalom mérésére jelenleg rendelkezésre álló vizsgálati módszerek nem adnak megbízható eredményeket friss lövellt beton esetén.
 - A lövellt betont a rendeltetésszerű felhasználás, a kockázat mértéke és a tartóssági követelmények – beleértve a tervezési élettartamot is – figyelembevételével gyenge (SpC I), általános (SpC II) vagy különleges (SpC III) követelményeknek megfelelő lövellt beton osztályokba sorolják.
 - A lövellt betonok és habarcsok az ÖNORM B 3327-1 szabvány lövellt betonra vonatkozó követelményeinek (kivéve a hőfejlődés követelményét) megfelelő ÖNORM EN 197-1 szerinti cementtel készíthetők. (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)
 - A lövellt betonok és habarcsok készítéséhez ún. lövellt betonhoz való gyorskötőanyagokat (SPRITZ-BINDEMITTEL, SBM) is kidolgoztak. A „gyorskötőanyagok lövellt betonhoz” a száraz és a nedves keverékkel készített száraz-technológiájú fiatal lövellt betonok és habarcsok gyors és megfelelő szilárdulását kötőgyorsító adalékszerek hozzáadása nélkül biztosító kötőanyagkeverékek gyűjtőfogalma. A lövellt betonhoz való kötőanyagok a vízzel nagyon gyorsan reagálnak, ezért a megengedett feldolgozási idejük néhány perc.
- Az ÖNORM EN 14487-1 szabvány 5.1 szakasza szerint a lövellt betonhoz való kötőanyagkeverékek esetén az ÖNORM EN 197-1 szabványt az 1.5.L1. táblázat szerinti követelményekkel kell alkalmazni. (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

1.5.L1. táblázat: A lövellt betonhoz való gyorskötőanyagok (Spritz-Bindemittel, SBM) követelményei (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

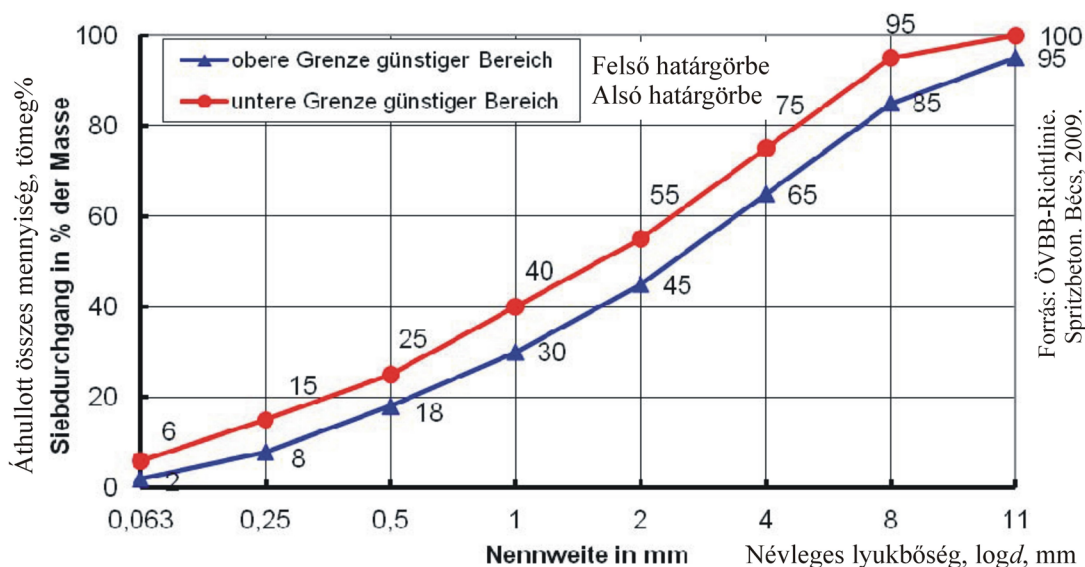
Tulajdonság*	Követelmény	
Kötés kezdete	≥ 60 másodperc	
SO ₃ -tartalom	≤ 4,5 tömeg%	
SO ₃ -tartalom C ₁₂ A ₇ -tartalmú kötőanyagok esetén**	≤ 7,5 tömeg%	
SO ₃ -tartalom, ha a környezeti vizek SO ₄ ²⁻ -tartalma > 600 mg/liter	≤ 3,5 tömeg%	
Cl ⁻ -tartalom	≤ 0,1 tömeg%	
MgO-tartalom a klinkerben	≤ 5,0 tömeg%	
Szabad C ₃ A-tartalom környezeti szulfát-hatás esetén	0,0 tömeg%	
- a klinkerben	≤ 1,0 tömeg%	
- a kötőanyagkeverékben		
Al ₂ O ₃ -tartalom	≤ 6,5 tömeg%	
Al ₂ O ₃ -tartalom C ₁₂ A ₇ -tartalmú kötőanyagok esetén**	≤ 9,0 tömeg%	
Al ₂ O ₃ -tartalom környezeti szulfát-hatás esetén	≤ 5,0 tömeg%	
Nyomószilárdság	- N/mm ² -	és a kezdeti vizsgálati eredmény
- 1 órás korban	≥ 0,5	-
- 6 órás korban	≥ 1,5	≥ 70%-a
- 24 órás korban	≥ 12,0	≥ 70%-a
- 28 napos korban	≥ 32,5	≥ 80%-a
Blaine-féle fajlagos felület, variációs tényező	≤ 5%	
Alkáli-tartalom Na ₂ O egyenértékkel kifejezve	≤ 1,5 tömeg%	
* A vizsgálati módszereket az ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) osztrák műszaki irányelv tartalmazza.		
** A C ₁₂ A ₇ -tartalmat röntgendiffrakciós vizsgálattal kell meghatározni.		

- A lövellt beton ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) műszaki irányelv szerinti összetétele és konzisztenciája az általános (SpC II) és a különleges (SpC III) követelményeknek megfelelő lövellt beton osztályokban feljen meg az 1.5.L2. táblázat adatainak.

1.5.L2. táblázat: A lövellt beton ajánlott tulajdonságai általános (SpC II) és különleges (SpC III) követelmények esetén (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

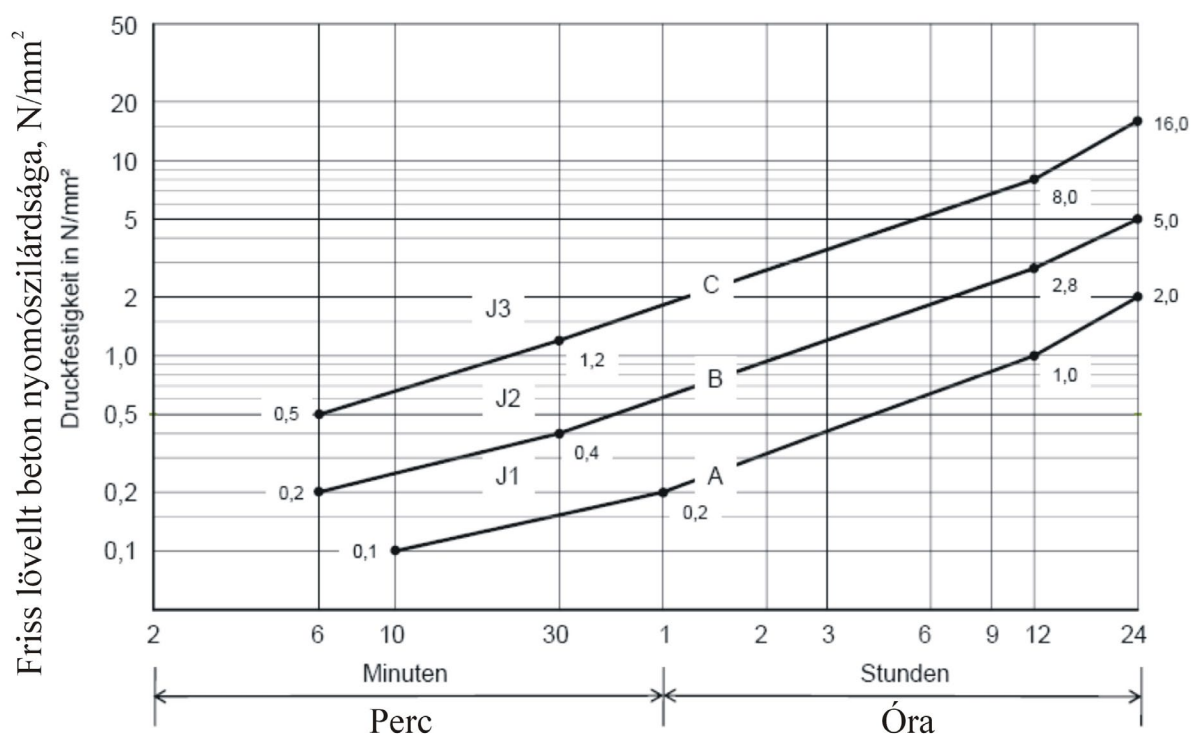
Lövellt beton	Száras			Vizes
Jelölés	Gyári száraz keverék	Építéshelyi száraz keverék		Vizes keverék (friss beton keverék)
		Tárolható nedves keverék	Azonnal felhasználható nedves keverék	
	TM	FM-L	FM-S	NM
Legnagyobb szemnagyság	8 mm, 11 mm (12 mm)			8 mm, max. 11 mm
Adalékanyag nedvesség-tartalma, tömeg%	0,2	Általában: 2,0-4,0 Esetleg: 1,5-5,0		≤ 6,0
Kötőanyag	Cement és kiegészítőanyag vagy SBM jelű gyorskötőanyag	Cement és kiegészítőanyag	SBM jelű gyorskötőanyag	Cement és kiegészítőanyag
Kötőanyag adagolás	340-400 kg/m ³ 340 kg/m ³ -nál kisebb adagolásnál a tapadás a fogadófelülethez jelentősen csökken.			400-500 kg/m ³
Cement és gyorskötőanyag adagolás	310-360 kg/m ³	–	310-360 kg/m ³	380-450 kg/m ³
Kiegészítőanyag adagolás	Például pernye: 30-50 kg/m ³		–	0-70 kg/m ³
Víz-cement tényező	0,35-0,50 kg/m ³			–
Víz-kötőanyag tényező	J2 és J3 korai nyomószilárdsági osztály esetén: ≤ 0,50			
Kötésgyorsító adagolás	Alkalmanként a keverőüzemben	Lövellés során	Alkalmanként a lövellés során	Lövellés során
Területi mérték vizes-technológiájú beton lövellés esetén: Vékony-sugaras (Dünnstrom) friss beton lövellés esetén Sűrű-sugaras (Dichtstrom) friss beton lövellés esetén				65±5 cm 60±5 cm
Keverékgyártás	Gyári keverék	Transzport-beton vagy építéshelyi keverék	Folyamatos keverék-áramlású lövellés	Transzport-beton vagy építéshelyi keverék
Tárolás	Silóban, zsákban	Védett helyen	–	Védett helyen

- A lövellt beton adalékanyaga természetes, mesterséges és újrahasznosított lehet (1.5.L11. ábra)



1.5.L11. ábra: A $D_{\max} \sim 12$ mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyag lövellt beton készítéshez ajánlott szemmegoszlásának határgörbéi (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

- A lövellt beton készítéséhez olyan szilárdulásgyorsító adalékszer alkalmazható, amely lehetővé teszi a lövellt beton nagyon korai kötését és szilárdulását, alkáli-tartalma legfeljebb 1,0 tömeg%, és akár el is térhet az MSZ EN 934-2:2012 szabványban meghatározott és meghatározott szilárdulásgyorsítóktól.
- A hosszú (néhány órás) hatás idejű kötéskeleltető adalékszer (Langzeitverzögerer) lehetővé teszi a tárolható nedves keverékek (Feucht-Mischung, lagerfähig, FM-L) és a vizes keverékek (Nass-Mischung, NM), azaz a friss lövellt betonok bizonyos idejű tárolását minőségromlás és a keverék konzisztenciájának jelentős változása nélkül. (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)
- Az acélszál-erősítésű lövellt beton készítéséhez hidegen húzott acélhuzalból készített egyenes vagy alakított acélszálak, vagy vágott egyedi egyenes vagy alakított acélszálak, vagy olvadékból készült acélszálak, vagy hidegen húzott feszítőhuzalból készített acélszálak, vagy acéltömbökből gyalult acélszálak alkalmasak, ha azok a beton- vagy habarcskeverékben egyenletesen eloszthatók.
- A polimerszál-erősítésű lövellt beton készítéséhez extrudált, orientált vagy vágott anyagból készített egyenes vagy alakított olyan polimerszálak alkalmasak, amelyek a beton- vagy habarcskeverékben egyenletesen eloszthatók és az idő múlásával sem befolyásolják a beton lúgos pH-értékét.
- A fiatal lövellt beton kora legfeljebb 24 óra, és a szilárdulási sebessége szerint a J1, a J2 vagy a J3 korai nyomószilárdsági osztályba sorolható (1.5.L12. ábra). A korai szilárdulási folyamat ellenőrzése során a korai szilárdulási görbe megrajzolásához a nyomószilárdságot 0-1 óra, 4-6 óra és 12-24 óra között ajánlott meghatározni az MSZ EN 14488-2:2007 szabvány alapján a korai szilárdság mértékétől függően behatolásmérőtűs eljárással (angolul: Penetrating needle procedure, németül: Eindringnadelverfahren) vagy menetes végű mérőcsapszeges eljárással (angolul: Stud driving process, németül: Bolzentreibverfahren).



1.5.L12. ábra: A fiatal lövellt beton és szálerősítésű lövellt beton korai nyomószilárdsági osztályainak határgörbéi (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009), (MSZ EN 14487-1:2023), (Springenschmid, 2007 és 2018)

- A szilárd lövellt beton nyomószilárdságát 28 napos korban kell megvizsgálni vagy a szerkezetre szórt lövellt betonból fűrt próbahengereken az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány szerint (1.5.L3. táblázat), vagy külön szórt próbalemezből az MSZ EN 14488-1:2005 szabvány szerint fűrt próbahengereken. A próbahengerek átmérője legalább 50 mm, magasság/átmérő aránya általában 2,0, ha kockaszilárdsággal össze akarjuk hasonlítani, akkor 1,0 legyen.

1.5.L3. táblázat: A 28, esetleg 56, legfeljebb 90 napos lövellt beton nyomószilárdsági osztálya (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

Lövellt beton nyomószilárdsági osztálya	1,0 magasság/átmérő arányú magminta hengerek nyomószilárdságának jellemző értéke, N/mm ²
SpC 8/10	10
SpC 12/15	15
SpC 16/20	20
SpC 20/25	25
SpC 25/30	30
SpC 30/37	37
SpC 35/45	45

- A szilárd lövellt beton hajlító-húzószilárdságát az MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerint kell meghatározni, kivéve, ha a lövellt beton szálerősítésű. A szálerősítésű lövellt beton hajlító-húzószilárdsága az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány szerint határozandó meg.
- A szerkezeti elem megerősítését szolgáló szilárd lövellt beton tapadószilárdságát az MSZ EN 1542:2000 szabvány szerint kell megvizsgálni, azzal a különbséggel, hogy a vizsgálandó felület mérete legalább 500×500 mm kell legyen.

Az MSZ EN 14487-2:2007 szabvány a talaj biztosítására és az ideiglenes vagy állandó meglévő szerkezetek javítására és megerősítésére szolgáló száraz- és vizes-technológiájú lövellt beton kivitelezésére vonatkozik.

A 2004-ben kidolgozott domborműves lövellt beton felületképzést Torkret-Relief® néven 2009-ben szabadalmaztatták. Ennek lényege, hogy betonlövellés közben hálósmatricát helyeznek a felületre szórt lövellt betonba, amelyet az időjárástól, a hőmérséklettől és a megjelenési formától (minta, betű, logó) függő időpontban kihúznak az éppen megfelelő szilárdságú friss lövellt betonból. Közvetlenül a matrica eltávolítása után a felületi mintázatot, az éleket és a sarkokat kézi munkával jellegzetesebbé (markánsabbá) teszik.

Textilbetont lövellt betonból először 2006-ban készítettek.

Felhasznált irodalom: (Teichert, 1979), (Palotás et al., 1980), (Pásztor, 1980), (Vandewalle, 1990), (Springenschmid, 2007 és 2018), (<https://de.wikipedia.org/wiki/Spritzbeton>)

Lásd még: Behatolásmérőtű, Menetes végű mérőcsapszeg, Szálerősítésű lövellt beton, Torkrétbeton

Lúgok

Lúgnak általában az olyan bázisok vizes oldatát nevezzük, amely vizes oldat lúgos kémhatású. Más szóval a lúgok a bázisok lúgos kémhatású vizes oldatai.

Neumüller és szerzőtársai (3. kötet, 1983) szerint a lúg elnevezést gyakran csak erős bázisok vizes oldatára, sőt legtöbbször csak a nátronlúgra (nátrium-hidroxid: NaOH) és a kálilúgra (kálium-hidroxid: KOH) alkalmazzák. Mivel az erős bázisok gyenge savakkal alkotott sói is lúgos kémhatásúak, ezért gyakran ezek oldataira is használják a lúg kifejezést (például szódalúg, fehérítőlúg). Az iparban sokszor függetlenül a kémhatásuktól lúgnak neveznek mindenféle oldatot (például szennylúg, szulfitszennylúg).

Lásd még: Bázisok

Lúgos só

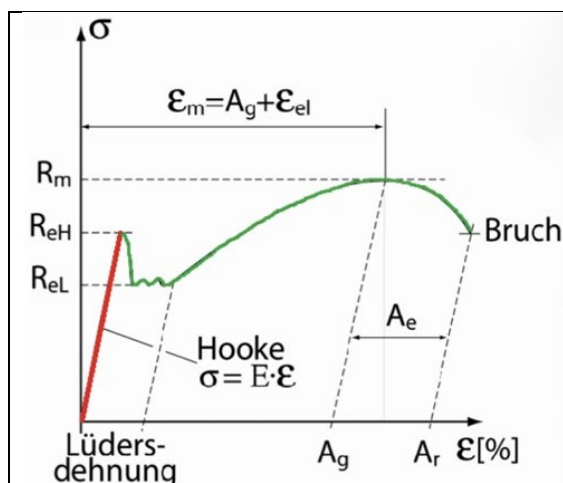
Lásd: Sók, Bázisos só

Lüders-féle nyúlás

Bizonyos acél-féleségek folyási nyúlását *Wilhelm Ludwig Lüders*¹²⁰ után olykor *Lüders-féle* nyúlásnak (németül: Lüdersdehnung), *Lüders-féle* tartománynak (németül: Lüdersberich), Lüders-sávnak (angolul: Lüder band) nevezik (1.5.L13. ábra).

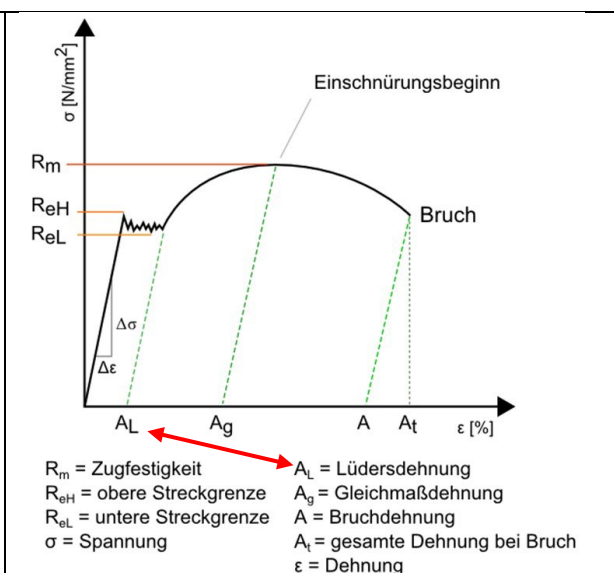
¹²⁰ *Wilhelm Ludwig Lüders* fellelhető életrajzi adatai szegényesek; szakmaszeretét bizonyára a családi házból hozta. *Wilhelm Ludwig Lüders* a Mägdesprungi Vaskohó (Eisenhütte Mägdesprung) alkalmazottjaként kezdetben kohósegéd, később kohókezelő, majd 1863 után kohóigazgató volt. 1876-ban nyugdíjaztatta magát és Wernigerode-ben megalapította a művészeti alkotások öntésében is eredményes saját vasöntödéjét (*Ludwig*, 2019). *Wilhelm Ludwig Lüders* közleménye a hajlított acélszerű vasrudak és acélrudak rugalmassági határát (folyáshatárát) jelző szövetszerkezeti molekuláris mozgások eredményezte felületi rajzolatok megfigyeléséről a német Polytechnisches Journal 1860. évi 1. számában jelent meg. (*Lüders*, 1860)

Theodor Lüders (1796, Hohegeiß – 1852, Mägdesprung) fegyverkovács, gépmester – *Wilhelm Ludwig Lüders* édesapja – a Napóleon elleni háborúból hazatérve a Göttingeni Egyetemen tanult, majd a müncheni Fraunhofer-féle műhelyben (Fraunhoferschen Werkstätten München) dolgozott. 1824-ben Göttingenben műszerészként telepedett le, és doktorált. *Theodor Lüders* a Lauterbach-menti Oderfeldben saját csavargyárat alapított, majd 1833-ban azt eladva gépmesterként (Maschinenmeister) átvette az 1829-ben alapított mägdesprungi hercegi Vaskohászati Gépgyár (Maschinenfabrik der Herzogliche Eisenhütte Mägdesprung) irányítását. 1834-ben vödörös vízkerekes fűjtatót (Schöpfradgebläse) épített, amellyel levegőt szivattyúzott a kohó frissítomedencéjének szélcsatornájába. *Theodor Lüders* mindemellett sikeres géptervező is volt. (*Ludwig*, 2019)



Wegener, K.: Spannung und Dehnung, Idealstruktur. Werkstoffe und Fertigung I, HS 2017. Seminarübung 2

Forrás: https://n.ethz.ch/~buehrer/wuf/uebung2/Uebung_02_Aufgabenstellung.pdf



Forrás: <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/werkstofftechnik/metall/22-streckgrenze>

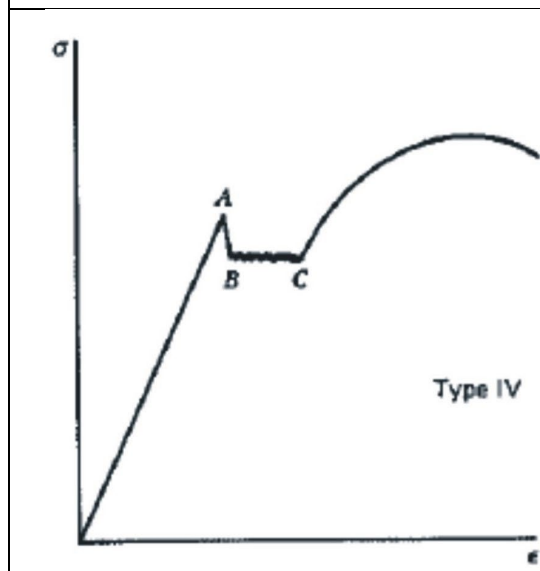


FIGURE 1.15 Type IV stress-strain behavior exhibiting a narrow heterogeneous deformation region between initial elastic and final homogeneous flow regions. Onset of local yielding occurs at upper yield point A with corresponding load drop to B defined as the lower yield point. After passage of Lüder band throughout the gage section, homogeneous deformation commences at C.

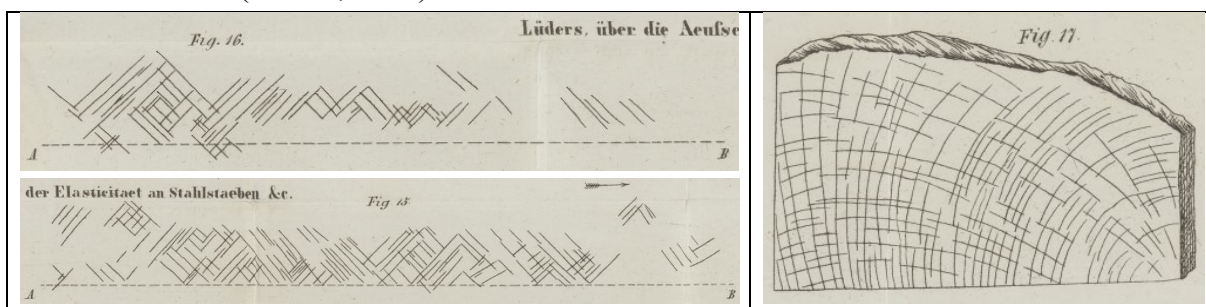
Forrás: Hertzberg, R. W.: Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. 1996.

1.5.L13. ábra: Példák bizonyos acél-féleségek húzási σ - ϵ görbéire, amelyeken a folyási nyúlást Lüders-féle nyúlásnak nevezik

Wilhelm Ludwig Lüders a mägdesprungi kohászati vasgyárban (Eisenhütte Mägdesprung) 1854-ben, összetételükénél fogva szívós, kovácsolt abroncs- és patkórúdvasak vetőpróbája (Wurfprobe*, lásd a Vetőpróba címszót) során az edzéstől kis repedéseket (kleine Hartrisse, Härtenriss*) kapott, mintegy $57,2 \times 15,9$ mm méretű abroncsrúdvas hajlított részének mindkét oldalán vékony kovácssporréteg (schwache Glühspanschicht*) leválás okozta, egymást közel merőlegesen metsző párhuzamos vonalak rajzolatát vette észre. *Lásd Péch Antal (1891) német-magyar bányászati szótárát.

Az első megfigyelés után számos kísérletet végzett, majd arra következtetésre jutott, hogy a némely nagyszilárdságú, szívós, enyhén hajlított finom acélgyártmány – például kovácsolás és edzés után az egyenetlen zsugorodás következtében gyengén meghajló acéllemez, acélrúd – mindkét felületén, azok alakjától, keresztmetszetétől függetlenül, a rugalmassági határ túlléptekor, a hajlítás síkjával szöglet bezáró, szabályos, a kuboktaéder kristálytani vetületének

megfelelő – például az 1.5.L14. ábrán látható – rajzolatok megjelenése szövetszerkezeti okokra vezethető vissza. (Lüders, 1860).



1.5.L14. ábra: Lüders-féle vonalak; bal oldalon a legszívósabb, acélszerű, A-B hossz tengelyű vasanyagon; jobb oldalon a percenként változó irányban hajlított, hengerelt rugós öntöttacél felületén (Lüders, 1860)

Wilhelm Lüders ónrúd hajlításakor is tapasztalta, hogy annak felületén – a hallható jellegzetes ropogó hang (Zinnschrei, Zinngeschrei) kíséretében – a rugós acélon látott rajzolatokhoz hasonló egymást metsző párhuzamos vonalak jelennek meg. Ónötövetek, ólom vagy cink esetén ilyen vonalak nem voltak láthatók (Lüders, 1860).

Wilhelm Lüders feltételezésének – nevezetesen, hogy a folyáshatáron lévő vaspróbapálca felületén olykor megjelenő, egymást keresztező vonalak oktaéder és paralelepipedon alkotta kuboktaéderek négyzet alakú kristálytani vetületének felelnek meg, tehát szövetszerkezeti eredetűek és megjelenésük, rajzolatuk a vas, illetve acél összetételétől függ – helytállóságát bizonyos ötvöztelen és gyengén ötvözött acélsanyagokra, valamint réz- és alumíniumötvözetekre stb. a későbbi kutatások igazolták, mint azt az irodalmi közlésekben – például a „Handbuch der Werkstoffprüfung” második kötetének 51-54. oldalán (Siebel szerk., 2. kötet, 1955), lásd az 1.5.L15. ábrát – olvasni, látni lehet.

Neuere Vorstellungen gehen davon aus, daß im Atomgitterbau Unregelmäßigkeiten, sog. Versetzungen, bestehen und daß eine Verformung schrittweise über solche Versetzungen erfolgt. Die Versetzung bewirkt vermöge der größeren Atomabstände eine Diffusion der Kohlenstoff- und Stickstoffatome, so daß es zur Bildung einer „Atomwolke“ um die Versetzung kommt. Bei der



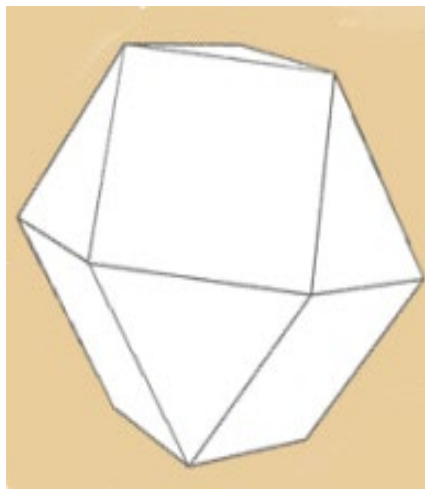
Abb. 20. Über die Länge einer Zugprobe verteilte Fließlinien (OBERHOFFER-ESSER).

Das Erreichen der oberen Streckgrenze und der plötzliche Spannungsabfall zur unteren Streckgrenze tun sich auf der polierten Oberfläche des Probestabes durch das Auftreten von Streck- oder Fließfiguren (LÜDERSsche Linien) kund. Diese schmalen Streifen sind die Schnittspuren der unter etwa 45° zur Stabachse geneigten Gleitschichten, in denen sich die Teile der Probe gegeneinander verschieben. Bei dem ersten Kraftabfall von der o-

Forrás:
Siebel szerk.:
Handbuch der
Werkstoffprüfung
2. kötet. Springer-
Verlag, Berlin-
Göttingen-
Heidelberg, 1955.

1.5.L15. ábra: Példa a Lüders-féle vonalak XX. századi szakirodalmi tárgyalására (Siebel szerk., 2. kötet, 1955)

Az 1.5.L16. ábrán pusztán az érdekesség kedvéért mutatjuk egymás mellett egy széntartalmú, kb. 37×23 mm méretű természetes kristály világhálón talált (<https://www.carousell.sg>) fényképét, valamint a nyolc háromszög és négy négyzet alkotta kuboktaéder (levágott sarkú kocka) rajzát.



1.5.L16. ábra:

Széntartalmú kristály
fényképe és kuboktaéder
térács rajza

Lásd még: Folyási nyúlás, Vetőpróba

Lyukbőség, Lyukbőség-egyenértékűségi tényező

A lyukbőség a négyzetes nyílású szitaefonatok és a lyukasztott körlyukú vagy négyzetes lyukú rosták szabad nyílásának mérete.

Az 1900-as évek első kétharmadában az 1 mm-nél nagyobb homok-, kavics- és zúzottkőszemek szemnagyságát például Németországban (DAfEb – Teil A:1932, DIN 1179:1935, DIN 1045:1943), Magyarországon (MNOSZ 934:1949)¹²¹ a körlyukú rosták lyukátmérőjével (németül: Lochdurchmesser von Rundlochsieben), voltak azonban országok, amelyekben a négyzetes nyílású fonott sziták lyukbőségével (németül: Maschenweiten von Maschensieben) jellemezték.

A körlyukú rostákkal és a négyzetes nyílású szitákkal kapott szemmegoszlás vizsgálati eredmények összevetésére például a Berlin-Dahlemer Állami Anyagvizsgáló Hivatalban (Staatl. Material-Prüfungsamt, Berlin-Dahlem) *G. Saenger* (1928), a Berlieni Műszaki Főiskola Útépítési Kutatóintézetében (Forschungsinstitut für Straßenbau bei der Techn. Hochschule Berlin) *R. Schenk* (1926), a Német Birodalmi Vasutak Közetvizsgáló Laboratóriumában (Gesteinsprüfstelle der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft) *G. Rothfuchs* (1934) végzett kísérleteket.

Georg Rothfuchs (1934) ugyanazt a 40 kg 0-40 mm szemnagyságú kőanyagot osztályozta frakciókra 50×50 cm méretű fakeretes Ø = 1, 3, 7, 15, 30 és 40 mm körlyuk-átmérőjű rostákkal és ugyanakkora lyukbőségű, tehát # = 1, 3, 7, 15, 30 és 40 mm négyzetlyuk-élhosszúságú szitákkal. *Rothfuchs* a vizsgálatot bazalt (egyszer és kétszer tört), diabáz, grauwacke (homokkőszerű összeálló törmelékes kőzet), gránit és mészkő zúzottkövel, valamint homokos kavicsal, a vizsgálatot mindegyik kőanyagfajtával más anyagon tízszer megismételve végezte. A bazalt zúzottkő körlyukú rostán és négyzetlyukú szitán meghatározott szemmegoszlása az 1.5.Ly1. ábrán látható, amelyen a két A-B és A-C szemmegoszlási vonal azt szemlélteti, hogy a négyzetlyukú szitán áthullott anyag tömege mennyivel nagyobb, mint a körlyukú rostán

¹²¹ „A 0-1 mm szemnagyságú anyag mennyiségét szitákkal, az 1 mm-nél nagyobb szemnagyságú anyagokét rostákkal kell megállapítani. A sziták a MOSZ 695-ben előírt vászonkötésű sodronyszövetből, a rosták kör alakú lyukakkal áttört 1 mm vastag fémlapból készüljenek.” (MNOSZ 934-49, mai jelöléssel: MNOSZ 934:1949)

áthullott anyag tömege, ha a négyzetlyuk élhossza (#) megegyezik a körlyuk átmérőjével ($\emptyset$), azaz $\# = \emptyset$.

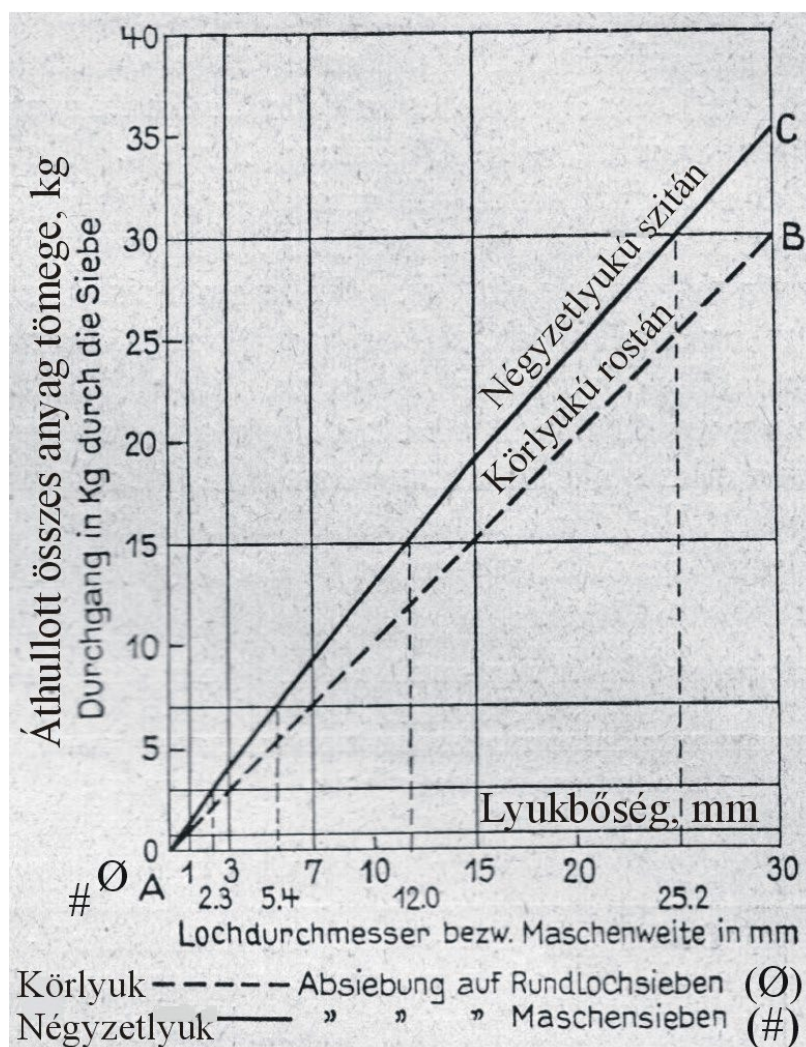
Adott felületen elhelyezhető $\# = \emptyset$ élhosszúságú négyzetlyukak összes felülete nagyobb, mint az ugyanakkora felületen elhelyezhető $\emptyset = \#$ átmérőjű körlyukak összes felülete, tehát a négyzetlyukú sziták hasznos felülete, áteresztőképessége, hatékonysága nagyobb, mint a körlyukú rosták hasznos felülete, áteresztőképessége, hatékonysága.¹²²

Az 1.5.Ly1. ábrán az abszcissa tengellyel párhuzamos egyeneseknek az A-B és A-C szemmegoszlási vonalakkal való metszéspontja kijelöli valamely adott tömegű anyag-áthulláshoz tartozó egyenértékű körlyuk és négyzetlyuk lyukbőségét: például egyaránt 30 kg bazalt zúzottkő hullott át a $\emptyset = 30,0$ mm átmérőjű körlyukú rostán és a $\# = 25,2$ mm élhosszúságú négyzetlyukú szitán, vagy egyaránt 15 kg bazalt zúzottkő hullott át a $\emptyset = 15,0$ mm átmérőjű körlyukú rostán és a $\# = 12$ mm élhosszúságú négyzetlyukú szitán, és így tovább (Rothfuchs, 1934).

Ezeknek az egyenértékű lyukbőségeknek a hányadosa ($\#/\emptyset$) az úgy nevezett lyukbőség-egyenértékűségi tényező, amely Rothfuchs (1934) megállapítása szerint – például a kőanyagok szemeinek a szemnagyságtól is függő eltérő szemalakja folytán – nem állandó (nem konstans), hanem általában a $\#/\emptyset = 0,70$ és $\#/\emptyset = 0,87$ közötti hányados, amely a lyukbőség növekedésével a $\#/\emptyset = 0,0008 \times \emptyset + 0,8256 - 0,3331/\emptyset$ (rendezve: $\# = 0,0008 \times \emptyset^2 + 0,8256 \times \emptyset - 0,3331$) összefüggés szerint növekszik, illetve amelynek értéke közelítőleg $\#/\emptyset = 0,875 - 0,724/\emptyset$ (rendezve: $\# = 0,875 \times \emptyset - 0,724$), vagy egyszerűsítve $\#/\emptyset = 0,858$ (rendezve: $\# = 0,858 \times \emptyset$), mint azt az 1.5.Ly2. ábrán látni lehet.

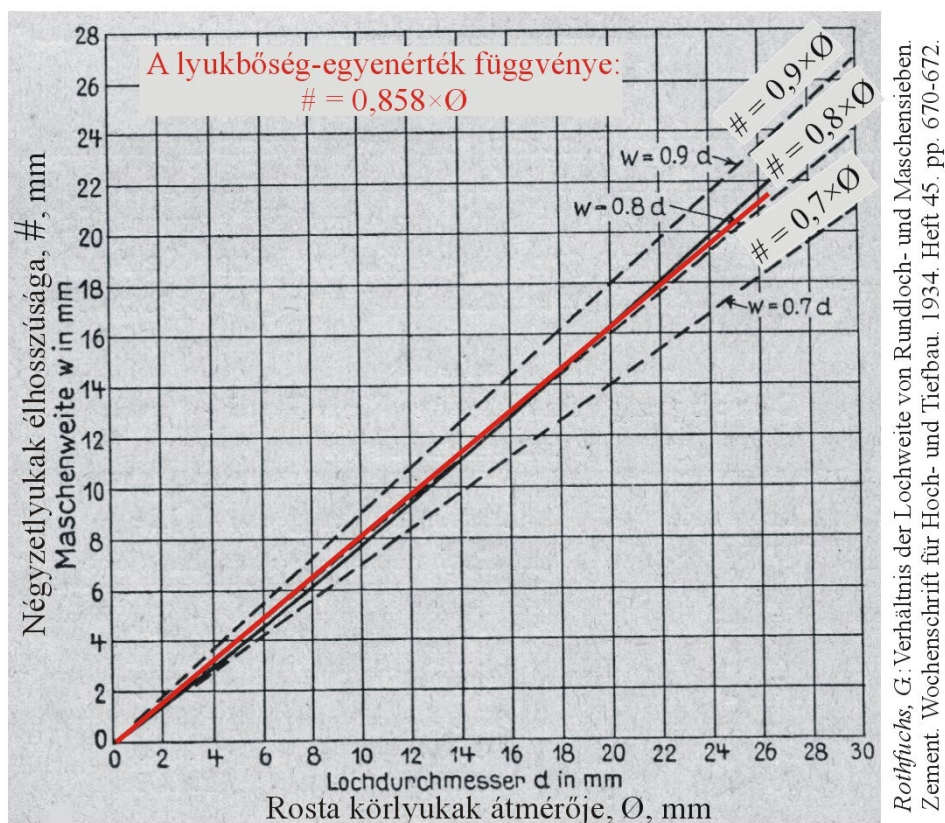
Megjegyzendő, hogy a Rothfuchs-féle $\# = 0,875 \times \emptyset - 0,724$ összefüggés közel áll az egyenértékű körlyuk átmérők ($\emptyset$) és négyzetlyuk élhosszúságok (#) kapcsolatát leíró Schenk-féle (1926) $\# = 0,885 \times \emptyset - 0,5$ összefüggéshez. Az is érdekes, hogy a négyzet élhosszúságának és a vele azonos területű kör átmérőjének a viszonyszáma: $\#/\emptyset = \frac{\sqrt{\pi}}{2} = 0,886$.

¹²² Hírlik, hogy a Johnnie Walker skót whisky palackja az 1860-as években többek között azért lett hagyománybontóan szögletes, mert a nagy tengerentúli keresletet könnyebben ki tudták elégíteni a szállítóládában a henger alakú palackoknál jobb térkihasználású szögletes palackokkal. Azóta a szögletes palack a Johnnie Walker egyik márkajele.



Rothfuchs, G.: Verhältnis der Lochweite von Rundloch- und Maschensieben. Zement. Wochenschrift für Hoch- und Tiefbau. 1934. Heft 45. pp. 670-672.

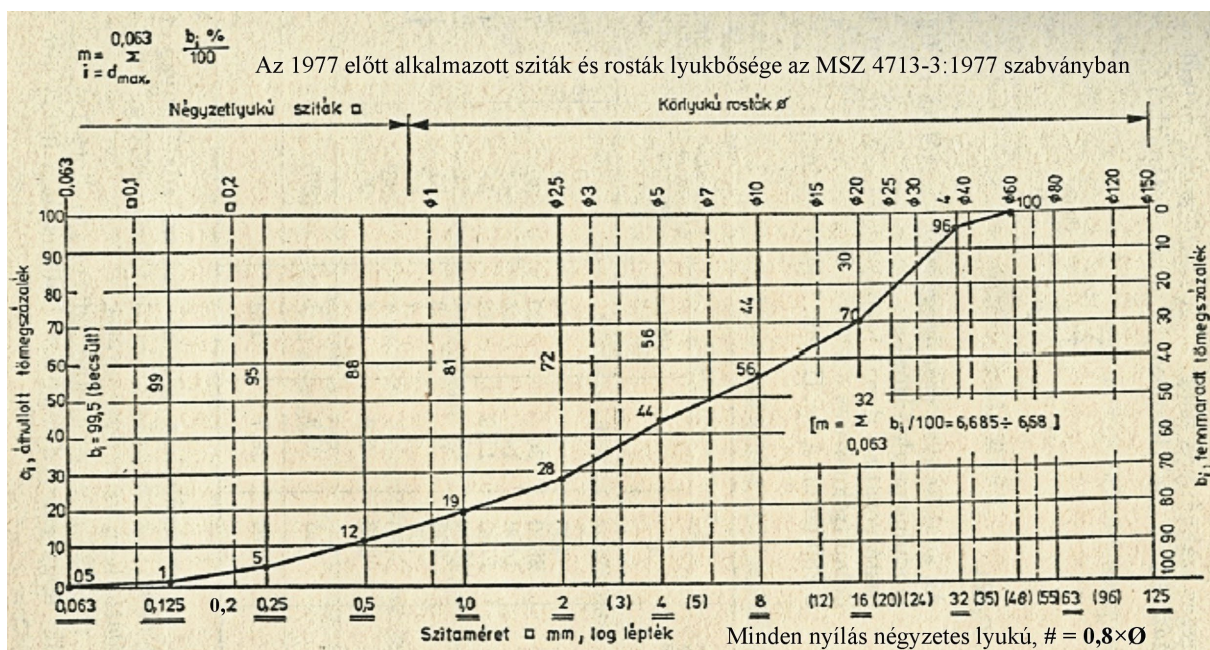
1.5.Ly1. ábra:
Bazalt zúzottkő
szemmegoszlása
egyazon
lyukbőségű
körlyukú rostán és
négyzetlyukú szitán
vizsgálva
(Rothfuchs, 1934)

**1.5.Ly2. ábra:**

A négyzetlyukak élhosszája (#) az egyenértékű rosta körlyukak átmérőjének (Ø) a függvényében. A lyukbőség-egyenérték függvénye (Rothfuchs, 1934)

Rothfuchs a beton alapvető tulajdonságairól 1958-ban és 1965-ben könyvet adott ki. A könyv első kiadásában (*Rothfuchs*, 1958) olvashatjuk, hogy Németországban annak idején a természetes homok, kavics és homokos kavics betonadalékanyagokat hat, a DIN 1170 szabvány szerinti, nevezetesen 1, 3, 7, 15, 30 és 70 mm átmérőjű körlyukú rosta és egy, a DIN 1171 szabvány szerinti, nevezetesen 0,2 mm élhosszúságú négyzetlyukú szita alkalmazásával osztályozták; az útépitési zúzottkövek és nemes zúzalékok osztályozásához pedig 0,2, 0,6, 2, 5, 8, 12, 18, 25, 35, 45, 55 és 65 mm négyzetlyukú szitákat használtak, és azokat a 0,3, 1, 3, 7, 10, 15, 22, 30, 40, 50, 65 és 75 mm átmérőjű körlyukakkal tekintették egyenértékűnek.

A második kiadású könyvben – *Palotás* professzor szerint (*Palotás et al.*, 1980) – *Rothfuchs* (1965) az 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40 és 60 mm átmérőjű körlyukakhoz rendre a $\#/\varnothing = 0,75, 0,75, 0,76, 0,78, 0,80, 0,82, 0,84, 0,85$ és $0,87$ lyukbőség-egyenértékűségi tényezőket adta meg. A *Rothfuchs*-féle lyukbőség-egyenértékeket az 1.5.Ly1. táblázatban tekintettük át.



1.5.Ly3. ábra: Az 1 mm-nél nagyobb nyílású körlyukú rosták és négyzetlyukú sziták, illetve rosták lyukbőségének kapcsolata a visszavont MSZ 4713-3:1977 szabványban

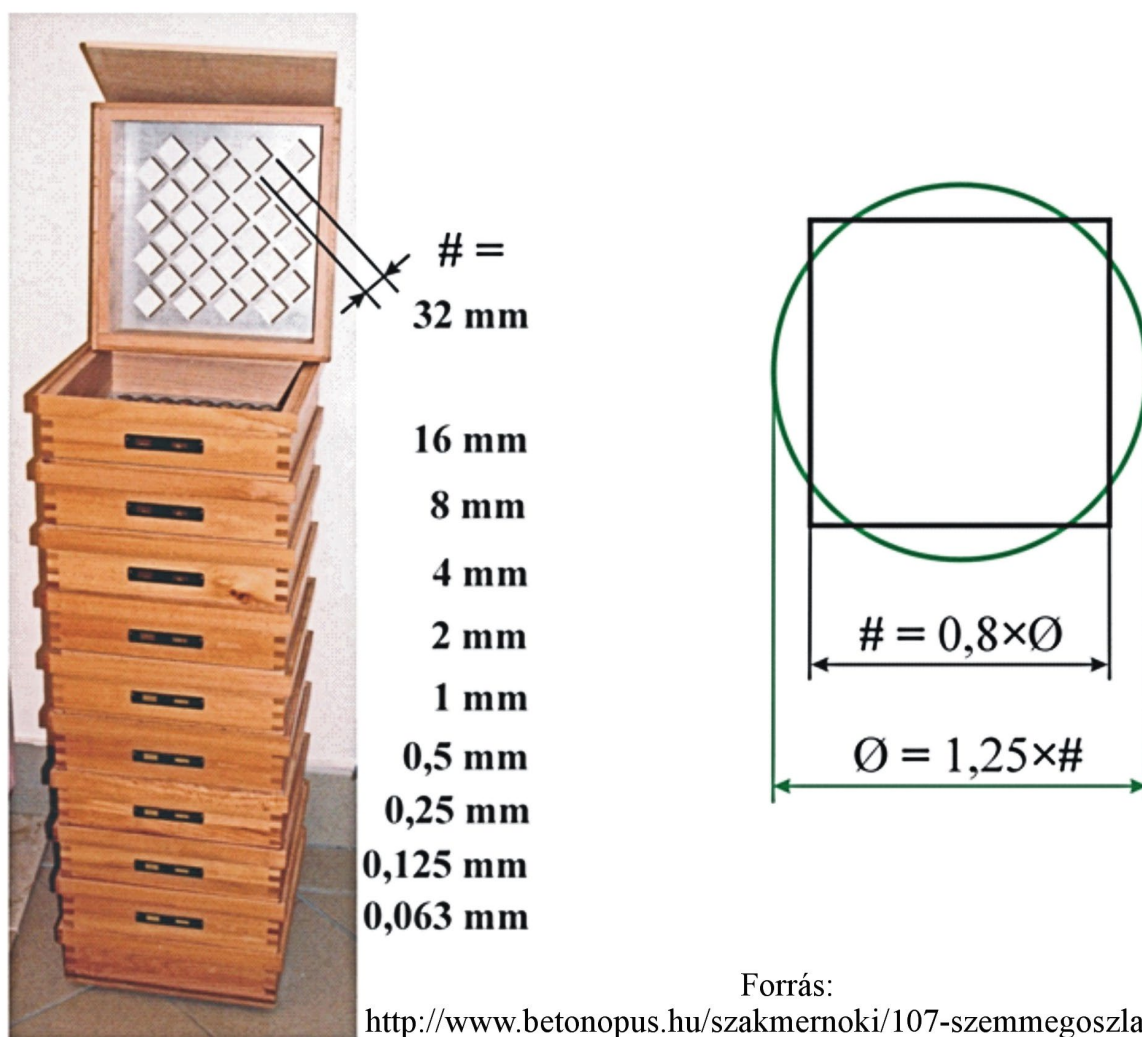
1.5.Ly1. táblázat: A körlyukú rosták és a négyzetlyukú sziták lyukbőségének átszámítása Rothfuchs szerint

Négyzetlyukak lyukbősége (élhosszúsága), mm, (Rothfuchs, 1934)															
0,7	1,5	2,3	3,8	5,4	6,2	7,8	9,5	12	16,5	20,8	25,2	34	43	52	61
Körlyukú rosták lyukbősége (átmérője), mm, (Rothfuchs, 1934)															
1	2	3	5	7	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	70
Lyukbőség-egyenértékűségi tényező. A négyzetlyukak és a körlyukú rosták lyukbőségének viszonyyszáma (hányadosa), (Rothfuchs, 1934)															
0,700	0,750	0,767	0,760	0,771	0,775	0,780	0,792	0,800	0,825	0,832	0,840	0,850	0,860	0,867	0,871
Négyzetlyukak lyukbősége (élhosszúsága), mm, (Rothfuchs, 1958)															
0,2	0,6	2	5	8	12	18	25	35	45	55	65				
Körlyukú rosták lyukbősége (átmérője), mm, (Rothfuchs, 1958)															
0,3	1	3	7	10	15	22	30	40	50	65	75				
Lyukbőség-egyenértékűségi tényező. A négyzetlyukak és a körlyukú rosták lyukbőségének viszonyyszáma (hányadosa), (Rothfuchs, 1958)															
0,667	0,600	0,667	0,714	0,800	0,800	0,818	0,833	0,875	0,900	0,917	0,867				
Négyzetlyukak lyukbősége (élhosszúsága), mm, (Rothfuchs, 1965; forrás: Palotás et al., 1980)															
–	0,75	2,25	3,8	7,8	12,0	16,4	25,2	34,0	52,2	–	–				
Körlyukú rosták lyukbősége (átmérője), mm, (Rothfuchs, 1965; forrás: Palotás et al., 1980)															
–	1	3	5	10	15	20	30	40	60	–	–				
Lyukbőség-egyenértékűségi tényező. A négyzetlyukak és a körlyukú rosták lyukbőségének viszonyyszáma (hányadosa). (Rothfuchs, 1965; forrás: Palotás et al., 1980)															
–	0,75	0,75	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	–	–				

Az ipari és laboratóriumi rosták 1 mm feletti nyílásainak alakja 1977-ig hazánkban is kör volt (visszavont MSZ 4713-3:1977), (1.5.Ly3. ábra). Az ipari körlyukú rostákat annak idején fémlemezből lyukasztással készítették, és tartósabbak voltak, mintha a sarkoknál könnyen átszakadó négyzetes nyílásaik lettek volna. Az áttérést a körlyukak alkalmazásáról a négyzetlyukak általános alkalmazására az 1970-es évek második felében a lyukasztott fémlemezeknél tartósabb gumi és műanyag sziták (például fémszál betétes sziták) kőbányászati

és az építőipari megjelenése és elterjedése tette lehetővé. A négyzetlyukú ipari szitáknak a nagyobb hasznos felületen kívül további előnye, hogy a gumi és műanyag vibrosziták nyílásaiba az osztályozandó anyag (például kavics vagy zúzottkő) szemei kevésbé szorulnak be, mint a fémlemez lyukaiba.

Palotás professzornak az volt az MSZ 4713-3:1977 szabvánnyal (1.5.Ly3. ábra) egybehangzó véleménye (Palotás et al., 1980), hogy a körlyukú rosták lyukbőségének ($\emptyset$) és a négyzetes lyukú rosták, illetve sziták lyukbőségének (#) egymásba való átszámítására a $\emptyset = 1,25 \times \#$, illetve $\# = 0,8 \times \emptyset$ közelítő pontosságú összefüggés alkalmazható (1.5.Ly4. ábra).



Forrás:

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/107-szemmegoszlas.pdf>

1.5.Ly4. ábra: A köralakú rostanyílás lyukbőségének ($\emptyset$) átszámítása az egyenértékű négyzet alakú nyílás lyukbőségére (#) napjainkban

(Forrás: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/107-szemmegoszlas.pdf>)

A ma érvényes MSZ EN 933-2:2020 szabvány szerint mind a fémhuzalszövetű, mind a 4 mm-es és az annál nagyobb nyílásméretű lyukasztott fémlemez vizsgálósziták nyílása négyzetes. A szabvány szerint a 4 mm-es és az annál nagyobb névleges nyílásméretű sziták az ISO 3310-2 szabvány szerinti lyukasztott fémlemezű, négyzetes nyílású vizsgálósziták, a 4 mm-nél kisebb névleges nyílásméretű vizsgálósziták az ISO 3310-1 szabvány szerinti fémhuzalszövetű vizsgálósziták legyenek. A 4 mm-es és annál nagyobb névleges nyílásméretű lyukasztott fémlemez vizsgálósziták pontossága nagyobb, mint a fémhuzalszövetű szitáké, a szűkebb gyártási tűrések miatt. Megjegyzések:

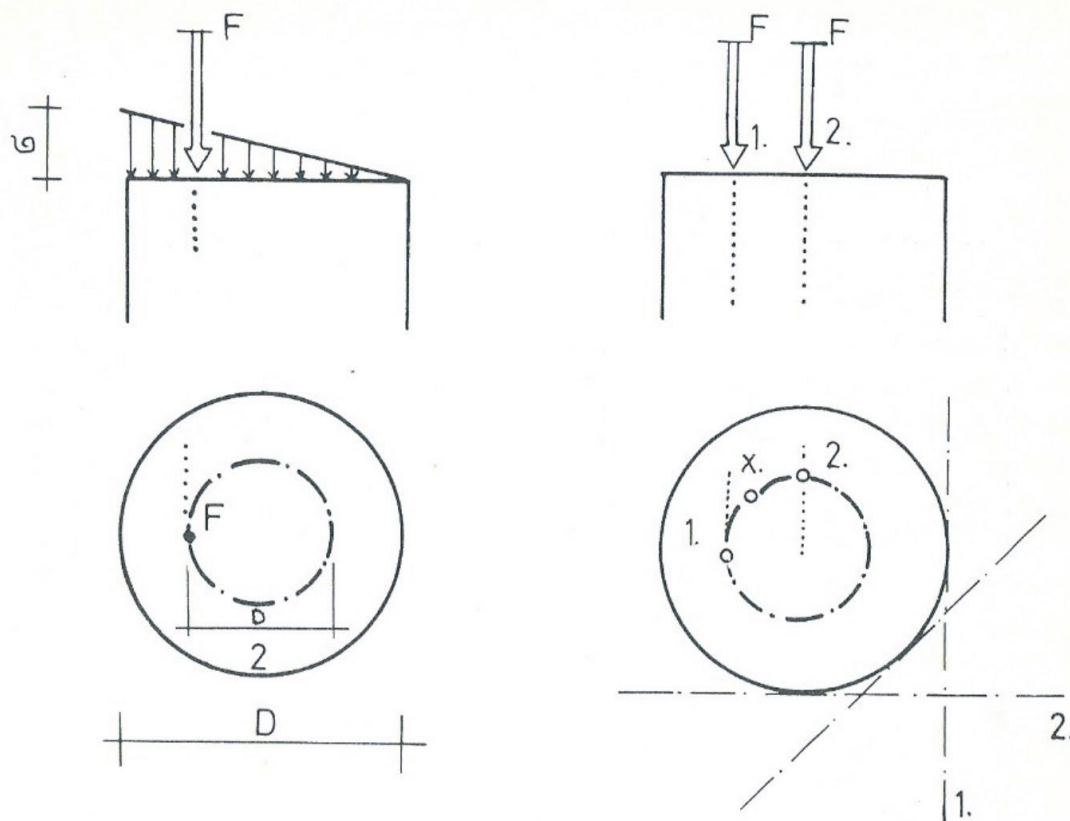
- Az ISO 3310-1 és az ISO 3310-2 nemzetközi szabványokat hazánkban nem vezették be, illetve az MSZ ISO 3310-1:2000 szabványt visszavonták.

- A visszavont MSZ EN 933-2:1998 szabvány szerint 4 mm-es és annál nagyobb nyílásméretű fémhuzalszövetű vizsgálószitákat akkor volt szabad alkalmazni, ha a vizsgálati eredmények alapján ki lehetett mutatni korrelációt a lyukasztott fémlemez vizsgálószitákkal. Döntő vizsgálatokat mindig lyukasztott fémlemez vizsgálószitákkal kellett végezni.

Lásd még: Szitanyílások (lyukak) száma, *Tyler*-féle szitasorozat

Magidom

A magidom a szilárdágtanban a próbatest keresztmetszetének azt a területét jelenti, amelyen belül támadó eredőerő az adott keresztmetszet egészében azonos előjelű feszültséget ébreszt. Ha az erő a keresztmetszet magidomának határán helyezkedik el, akkor a feszültség semleges tengelye ($\sigma_{x,y} = 0$) a keresztmetszet kerületére esik. Ha az F erőt a magidom határán körbevezetjük, akkor a feszültségi semleges tengely a keresztmetszet határát érintő egyenesként fut körbe (1.5.M1. ábra), (Dombi, 1979).



Dombi J.: Építőanyagok szilárdsága és szilárdságvizsgálata. 1. Nyomószilárdság. SZIKKTI 61. sz. tudományos közleménye. Budapest, 1979.

1.5.M1. ábra: A semleges tengelynek a magidom és az F eredőerő helyzete viszonyától függő elhelyezkedése (Dombi, 1979)

Tiszta nyomó- vagy húzószilárdság-vizsgálat esetén a terhelő eredőerő magidombeli helyzete a vizsgálati külpontosság (excentricitás) fokmérője. (Dombi, 1979)

Lásd még: Gömbcsukló

Magminta

Megépült szilárd monolit vagy előregyártott szerkezeti elemből kifűrt, legalább 70 mm átmérőjű ép minta, azaz magminta, amelyből vágással egy vagy több például nyomószilárdság-vizsgálatra alkalmas próbahenger alakítható ki.

Magnézia

Magnézium-oxid, periklász, MgO.

Magnézia cement

Az 1867-ben kifejlesztett magnézia cementet feltalálója és első alkalmazója, *Stanislas Sorel* (1803, Putanges – 1871, Párizs) francia – felsőfokú végzettséggel nem rendelkező – vegyész-feltaláló után *Sorel*-cementnek is nevezik.

A magnézia cement csak levegőn szilárdul, tehát nem hidraulikus kötőanyag, amelyet mintegy 800-900 °C hőmérsékleten égetett és finoman őrölt magnezitközetből (MgCO_3), azaz magnézium-oxid-örleményből (MgO) gyártottak az MSZ 6244 szabvány szerinti tulajdonságokkal. A magnézia cementet főképp a magnéziapadlók alapanyagként használták. (*Seidl*, 1961), (*Talabér et al.*, 1966), (*Palotás*, 1979. 2. kötet)

A *Palotás László* professzor által hivatkozott (1979. 2. kötet, 481. oldal) MSZ 6244 szabványnak nem találtuk nyomát, az 1953. évi MNOSZ szabványjegyzék (MSZH) és az 1973. évi Szabványgyűjtemények 2. kötete (MSZH) nem tartalmazza.

„A természet világa. VI. A kémia és vívmányai” című könyv második részének 57. oldalán írta *Erdey-Grúz Tibor*¹²³: „A magnéziumklorid tömény oldata izzított magnéziumoxiddal elkeverve néhány óra alatt bázisos klorid képződése közben megkeményedik: ez az úgy nevezett magnézia- vagy *Sorel*-cement. A magnéziacementet fűrészpórral, parafahulladékkal stb. keverve fához hasonló anyag keletkezik (az úgy nevezett xylolith), melyből padlót, laboratóriumi asztalokat s más hasonló tárgyakat készítenek.” (*Erdey-Grúz*, III./5., 1940)

Magnéziaduzzadás

Magnéziaduzzadásra (MgO -duzzadás) az a cement hajlamos, amelynek klinkerásványai között nagyobb mennyiségben szabad magnézium-oxid (magnézia, periklász) is található. A *Martin*-salak is magnézia hatására duzzad, ha nedvesség éri.

Ajánlott irodalom: *Révay* (2001)

Lásd még: Acélgyártási salak, Autoklávpróba, *Martin*-salak

Magyar nemzeti szabvány

Ebben a könyvben magyar nemzeti szabványnak, illetve röviden magyar szabványnak azokat a szabványokat tekintjük és nevezzük, amelyek csak Magyarországon érvényesek. Például az MSZ EN vagy MSZ ISO jelű szabványok nem csak Magyarországon érvényesek, azok Magyarországon bevezetett (honosított) európai, illetve nemzetközi szabványok, röviden európai szabványok, illetve nemzetközi szabványok, tehát nem magyar nemzeti szabványok, illetve röviden nem magyar szabványok.

A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény 1. számú melléklete szerint a nemzeti szabványosítás valamely meghatározott ország szintjén végzett szabványosítás, míg az európai szabványosítás az Európai Szabványügyi Szervezetek (CEN, CENELEC, ETSI) keretében folyó szabványosítás, az európai szabvány pedig olyan szabvány, amelyet európai szabványügyi szervezet fogadott el, és tett a közösség számára hozzáférhetővé.

¹²³ *Erdey-Grúz Tibor* (1902, Budapest – 1976, Budapest) kémikus, egyetemi tanár, az MTA tagja, majd elnöke, kétszeres Kossuth-díjas. Középiskolai tanulmányait Budapesten a Trefort utcai mintagimnáziumban végezte. A budapesti Tudományegyetem (ma ELTE) Bölcsészkarán 1924-ben nyerte el a bölcsészdoktori címet. 1928 és 1931 között a Bajor Akadémia Kémiai Intézetében és a Berlińi Műszaki Egyetemen kutató és képezte magát. 1938-ban gyógyszerész végzettséget is szerzett. 1924-1941 között a III. számú Kémiai Intézet gyakornoka, tanársegéde, majd adjunktusa volt. 1941-ben címzetes rendkívüli tanár, 1946-ban intézeti, 1947-ben nyilvános rendkívüli tanár lett. 1943-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává, 1948-ban rendes tagjává, 1950-ben főtitkárává, 1970-ben elnökévé választották. 1952 és 1956 között előbb felsőoktatási, majd oktatásügyi miniszter volt.

Legfontosabb tudományos eredményeit a fizikai kémia, azon belül az elektrokémia területén érte el. Kutatóként, tudományos ismeretterjesztőként, tudomány- és oktatáspolitikusként meghatározó szerepet játszott a magyar szellemi életben. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Erdey-Grúz_Tibor), (*Kenyeres* főszerk., III. kötet. 1981)

Lásd: Szabvány jellege

Maradó folyási nyúlás

Lásd: Folyási nyúlás

Maradó nyúlás

Angolul: Plastic extension

Németül: Nichtproportionale Dehnung

A maradó nyúlás a teljes nyúlás és a rugalmas nyúlás különbsége.

A maradó nyúlást főképp idegen nyelvből fordított szövegekben sokszor „képlékeny nyúlásnak” vagy „nem arányos nyúlásnak” nevezik.

Ha a maradó nyúlást az elszakadt próbatest hosszabb darabján, a szakadás és a befogás helyétől bizonyos távolságra határozzák meg, akkor „egyenletes maradó nyúlásnak” nevezik. Az „egyenletes” jelző arra utal, hogy a jeltávolságon belül nincs kontrakció (befűződés).

A maradó nyúlásnak például a betonacél alakíthatósága, hajlíthatósága, így a tört vonalú betonacélok, kampók, emelőhorgok készítése stb. szempontjából van jelentősége.

Lásd még: Maradó nyúlás legnagyobb terheléskor, Maradó nyúlás szakadás után, Egyenletes maradó nyúlás szakadás után

Maradó nyúlás legnagyobb terheléskor (Nem arányos nyúlás legnagyobb terheléskor, Képlékeny nyúlás legnagyobb terheléskor)

Angolul: Plastic extension at maximum force

Németül: Nichtproportionale Dehnung bei Höchstkraft

Az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerint a fémek, így a betonacélok legnagyobb terheléskori maradó nyúlásának meghatározásához nyúlásmérőt kell alkalmazni, és fel kell venni a szakítódiagramot (σ - ε görbét).

A legnagyobb terheléshez tartozó maradó nyúlást ($A_g = \varepsilon_m$) a szakítódiagramból (σ - ε görbéből) a legnagyobb terheléskori teljes nyúlás (ε_t) és a rugalmas nyúlás (ε_r) különbségeként képezhetjük:

$$A_g = \varepsilon_m \times 100 = (\varepsilon_t - \varepsilon_r) \times 100 = A_{gt} - \frac{R_m}{E_0} \times 100 = \left(\frac{\Delta L_m}{L_e} - \frac{R_m}{m_E} \right) \times 100$$

ahol:

A_{gt} = a teljes nyúlás legnagyobb terheléskor;

L_e = a nyúlásmérő kezdeti mérőhossza;

ΔL_m = a nyúlás legnagyobb terheléskor

R_m = a szakítószilárdság (húzószilárdság);

E_0 = a kezdeti rugalmassági modulus;

m_E = a σ - ε görbe alatti rugalmas tartomány (derékszögű háromszög) átfogójának meredeksége

Jele: A_g

Maradó nyúlás szakadás után (Nem arányos nyúlás szakadás után, Szakadási maradó nyúlás)

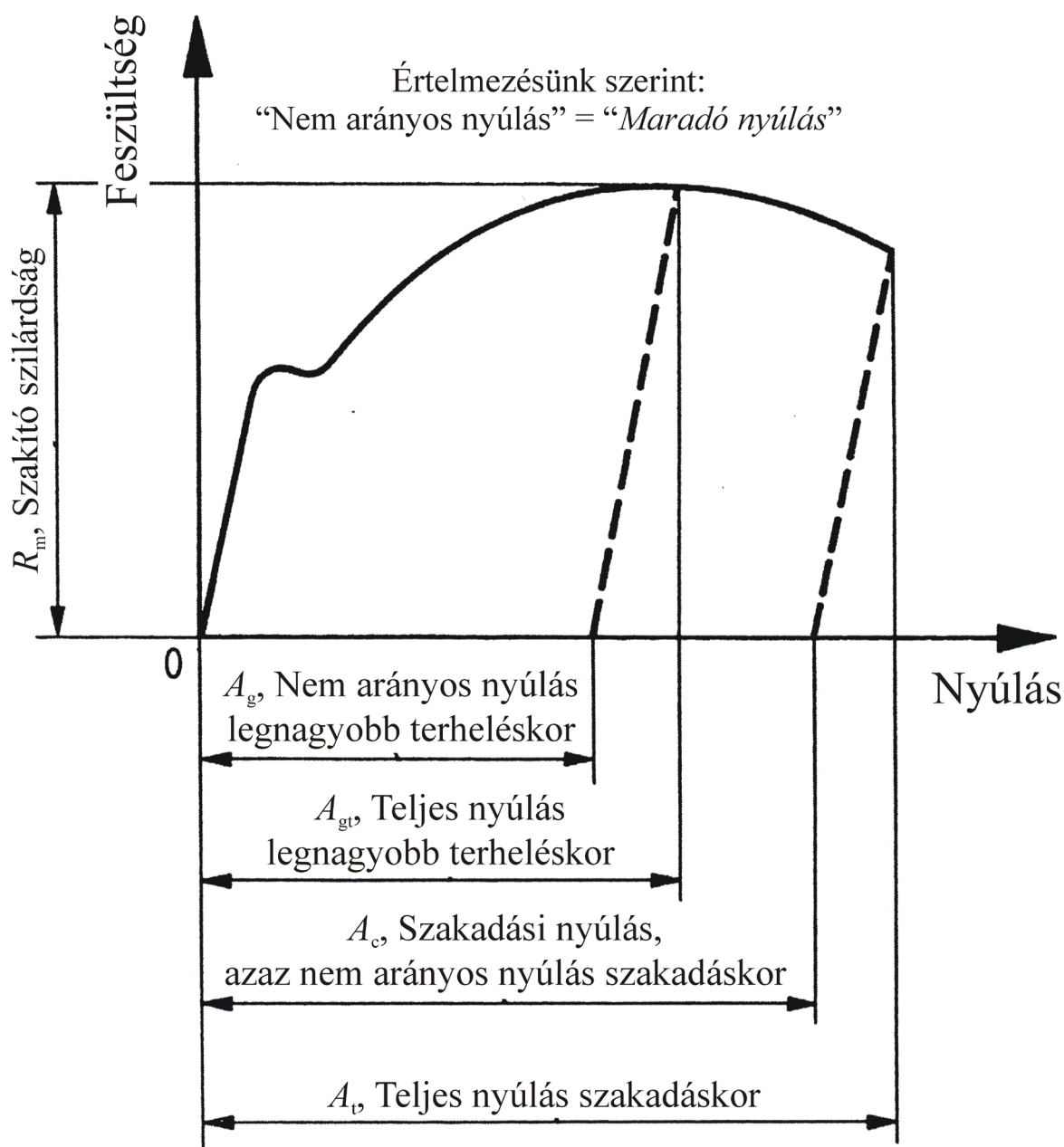
Angolul: Percentage elongation after fracture

Németül: Plastische Dehnung nach dem Bruch, Bruchdehnung

A fémek, így a betonacél szakadási maradó nyúlása például az MSZ 339:1987, az MSZ EN ISO 6892-1:2020, a visszavont MSZ EN 10002-1:2001 szabvány szerint az eredeti

jeltávolságnak (L_0) a maradó megnövekedése ($L_u - L_0$) a próbatest elszakadásáig, az eredeti jeltávolság százalékában kifejezve (1.5.M2. ábra):

$$A = 100 \times \frac{L_u - L_0}{L_0}$$



1.5.M2. ábra: Betonacél nyúlása legnagyobb terheléskor és szakadáskor (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001 és MSZ EN 6892-1:2020 vizsgálati szabvány után). A „nem arányos nyúlás”, illetve „nem arányos nyúlás” – az írásmódtól függetlenül – szóhasználatunkban: „maradó nyúlás”.

A szakadási maradó nyúlást a visszavont MSZ EN 10002-1:1994 szabvány szerint $L_0 = 5 \times d_0$ jeltávolságon kellett, illetve az érvényes MSZ 399:1987 szabvány szerint kell mérni, ahol d_0 az MSZ EN 10002-1:1994 szabvány szerint a vizsgált szakasz eredeti átmérője, míg az MSZ 399:1987 szabvány szerint a betonacél névleges átmérője, tehát a betonacél jelében szereplő átmérő.

A szakadási maradó nyúlással a betonacélt a szabványok 2005-ig jellemezték. A nemzetközi szabványban és nemzeti szabványokban a betonacél szakadási maradó nyúlásának előírt jellemző értékét (A_5 , δ_5) általában $L_0 = 5 \times d_0$ rövid mérési hosszra vonatkoztatták. A hosszabb mérési hosszon meghatározott szakadási maradó nyúlás jobban jellemzi a betonacélt, mert rövid mérési hossz esetén a befűződés (szakadás) környezeti nagyobb nyúlásnak a nagyobb részaránya folytán a mérési eredmények szórása nagyobb, mint amekkorák hosszabb mérési hosszon végzett vizsgálat során jelentkeznek. Ezért a visszavont DIN 488-1:1984 szabványban a szakadási maradó nyúlás mértékét $L_0 = 10 \times d_0$ mérési hosszra vonatkoztatva írták elő; jele A_{10} (δ_{10}), előírt jellemző értéke 10%, hálós vasalás esetén 8% volt.

A betonacél szakadási maradó nyúlásának (A_5 , A_{10} , A_s , δ_{10} például az MSZ 500:1989, MSZ 339:1987, DIN 488-1:1972, DIN 488-1:1984 szabványban) fogalmát a betonacél legnagyobb terheléskor mért nyúlásának (ε_{uk} , A_{gt} például az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 10080:2005, DIN 1045-1:2008, DIN 488-1:2009 szabványban) fogalma váltotta fel.

Martin-kemence

Lásd: Acélgyártás

Martin-salak

Az acélgyártási salak szinonim megnevezése. Betonkészítéshez magnézium-oxid (periklász) tartalma miatt felhasználni tilos.

Ajánlott irodalom: Révay (2001)

Lásd még: Acélgyártás, Acélgyártási salak, Magnéziaduzzadás

Masszív szerkezet

Masszív szerkezetnek (angolul: massive construction) az MSZ EN 14216:2015 szabványban nevezik a tömegbetonból készülő gátakat és hasonló vasalatlan betonszerkezeteket.

Lásd még: Tömegbeton

Matematikai statisztika

A matematikai statisztika a valószínűségszámításból kifejlődött önálló tudományág. Alapvető feladata: tapasztalati adatokból (mintából) következtetni az egész sokaság valószínűségeire, eloszlás- és sűrűségfüggvényére, azok paramétereire. A matematikai statisztika eszközeivel például arra kereshetjük a választ, hogy

- a mintában található selejtarány alapján megítélve mennyi az egész sokaságbeli selejt-valószínűség (*becslésmélet*);
- a mintaátlagnak a várható értéktől való eltérése való mellett az egész sokaságban feltehető-e, hogy teljesül egy adott szabványelőírás (*hipotézisvizsgálatok*);
- a mintaátlag körül nagy valószínűséggel milyen intervallumban található az elméleti várható érték (az egész sokaság „átlaga”), ami az úgy nevezett *megbízhatósági- (konfidencia-) intervallum keresés*;
- adott mintabeli eloszlásfüggvény milyen elméleti eloszlásfüggvényhez illeszkedik jól (tehát milyen eloszlású az egész sokaság), ez az úgy nevezett *illeszkedésvizsgálat*;
- állítható-e két változóról, hogy egyforma eloszlású (*homogenitásvizsgálat*);
- a mérési eredmények alapján megítélve milyen összefüggés áll fenn két változó között (*korreláció, regresszióanalízis*)

Ezek a kérdések a műszaki életben igen fontosak, hiszen minőségellenőrzés során nincs lehetőség a teljes sokaság, hanem csak egy n -elemű minta megvizsgálására. (Lukács, 2002)

Például a minőségirányítás statisztikai módszereivel az MSZ ISO 10017:2022 szabvány, az építőipari méretpontosság statisztikai elemzésével az MSZ 20164:1988 szabvány foglalkozik.

A valószínűségszámítás és az alkalmazott statisztika fogalommeghatározásai az MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványokban, a minőség statisztikai ellenőrzésének fogalommeghatározásai a visszavont MSZ 18973:1986 szabványban találhatók. A tömegcikk matematikai statisztikai mérési ellenőrzéséről a visszavont MSZ 246-2:1956 szabványban, a tömegcikk matematikai statisztikai minősítési ellenőrzéséről a visszavont MSZ 246-3:1957 szabványban, a matematikai statisztikai adatfeldolgozás valószínűségi hálóinak szerkesztéséről (normális-, lognormális-, exponenciális- és *Weibull*-eloszláshoz) a visszavont MSZ 18955:1985 szabványban lehet olvasni.

Lásd még: Matematikai statisztika, Minősítési vizsgálat és mérési vizsgálat, Valószínűségi háló

Másodlagos kötés

Másodlagos kötésnek *Talabér* és szerzőtársai (1966) a mellékvegyértékkötést nevezik, amely az egymástól különböző molekulák közötti vonzóerők (másodlagos kötőerők) hatására jön létre a hidratáció során.

Lásd még: Mellékvegyértékkötés, Hidratáció

Mechanikai anyagmodell

A rugalmasan (elasztikusan) viselkedő *Hooke*-féle rugó, a viszkózusan viselkedő *Newton*¹²⁴-féle dugattyú és a képlékenyen viselkedő *Saint-Venant*-féle sűrűlódó test – mint alapmodell – különféle társításával összeállított anyagmodell, amely a külső hatásokra az anyagban ébredő feszültségek és alakváltozások leírására alkalmas. A lineáris viszkoelasztikus anyagok törvényszerűségeit a DIN 13343:1994 szabványban tárgyalják.

A mechanikai anyagmodellt reológiai modellnek is nevezik.

Lásd még: Öntömörödő friss beton reológiája, Reológia, Szálerősítésű beton reológiai modellje

Mechanika ágazata, tárgyköre (*Somogyi B.-né* szerk., 1976)

A mechanika, pontosabban a klasszikus mechanika – a kvantumfizika (a nanoszkopikus méretekben lejátszódó jelenségek fizikája) és a relativitáselmélet fizikája (a newtoni gravitáció geometriáját meghaladó einsteini geometriai elmélet a gravitációról, a görbült téridő modellben lejátszódó jelenségek fizikája, amelynek fokozatai az általános és speciális relativitás) mellett – a fizika egyik főága.

A mechanika, amely a makroszkopikus anyagi testek mozgásának és nyugalmi állapotának törvényszerűségeivel foglalkozik, három fő részre tagolható: kinematika (mozgástan), dinamika (kinetika), sztatika (statika). A fénytant (optika) és a hőtant (termodinamika) is a kinematika tárgykörébe szokás sorolni.

A kinematika a makroszkopikus anyagi testek mozgásának törvényszerűségeit az előidéző erőkre tekintet nélkül leíró tudományág, amely a *Newton*-féle törvényeken (axiómákon) alapszik, de azokon kívül magában foglalja az égitestek mozgásának magyarázatát adó

¹²⁴ *Sir Isaac Newton* (1642, Woolsthorpe, Lincolnshire – 1727, Kensington, ma London) angol fizikus, matematikus, csillagász. 1661-ben a cambridge-i Trinity College-ben tanult, tanulmányait 1665-ben fejezte be, és a cambridge-i egyetem matematika professzora lett. Felfedezte a binomiális tételt, kidolgozta a differenciál- és integrálszámítást, három mozgástörvénye vezetett el az általános tömegvonzás törvényének megfogalmazásához (*Newton*-féle törvények), dolgozatot írt a végtelen sorokról, a színekről, a fényről, vizsgálta a körmozgást, a gravitációt, a bolygók mozgását stb. Felfedezte a *Newton*-féle színgyűrűket. 1671-ben tükrös távcsövet készített. A *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (a természetfilozófia matematikai alapjai) című háromkötetes könyve, amely a klasszikus mechanika alapműve, 1687-ben jelent meg. 1672-ben a Royal Society (1660-ban alapított angliai királyi tudományos társulat) tagja, majd 1703-ban elnöke lett. Cambridge-ből Londonba költözött, és ott a Pénzverde ellenőrévé (1695), majd vezetőjévé (1699) nevezték ki. (*Simonyi*, 1978)

*Kepler*¹²⁵-féle törvényeket is. A newtoni gravitációs törvények a *Kepler*-féle törvények egységes matematikai leírását adják.

A dinamika a makroszkopikus anyagi testek mozgását az előidéző erők figyelembevételével tárgyalja, azzal a pontosítással, hogy a nagy sebességgel mozgó testek mozgását nem a dinamika, hanem a speciális relativitáselmélet írja le. A dinamika alaptörvénye a 2. *Newton*-féle axióma.

A sztatika a makroszkopikus mechanikai rendszerek és a rájuk ható erők egyensúlyának feltételeit tárgyalja, más szóval az erőrendszerek tulajdonságaival és a nyugalomban lévő merev, szilárd testek erőviszonyaival foglalkozik. A szilárd testek sztatikája a rugalmasságtan és a szilárdságtan, a folyadékok sztatikája a hidrosztatika, a gázok sztatikája az aerosztatika.

A geometria nem a mechanika, hanem a matematika egyik legkorábban kialakult ága

Lásd még: *Newton*-féle törvények, Mechanikai tulajdonságok

Mechanikai tulajdonságok

A mechanika tárgyköre alapján az anyag mechanikai tulajdonságai a tömegi, kinematikai, dinamikai, elektromosságtani, fénytani, hőtani, rugalmasságtani, szilárdságtani, hidrosztatikai, aerosztatikai tulajdonságok, így például a tömeg, a sűrűség, a tömegre vonatkoztatott fajlagos felület, az elmozdulás, a tehetetlenség (inercia), a sebesség, a gyorsulás, a rezgés, az erő, a nyomaték, a munka, a teljesítmény, a súly, a fajsúly, az áramerősség, az áramfeszültség, az elektromos ellenállás, az elektromos teljesítmény, a mágneses permeabilitás, a szín, az olvadáspont, a hőtágulás, a hővezetőképesség, a hőszigetelőképesség, a hőfejlesztés, a rugalmassági modulus, a szilárdság, a fáradás, a kúszás, az ernyedés, a hegeszthetőség, a vízfelvétel, a vízáteresztőképesség, a vízzáróság, a vízszigetelőképesség, a vízáramlás, a párolgás, a légáramlás, a szag stb.

A fizikai tulajdonságok köre nem szinonimája a mechanikai tulajdonságok körének, hanem annál tágabb.

A geometriai tulajdonságok, így például a méret, a méreteloszlás (szemmegoszlás), a szemhalmazok legnagyobb szemnagysága és finomsági modulusa, a légbuborékok mérete és távolsági tényezője, az érdesség, a felület, a térfogat, a térfogatra vonatkoztatott térfogati fajlagos felület, az alak, az alakváltozás, a kopási veszteség, a zsugorodás, a tömörség és a porozitás stb. nem mechanikai vagy fizikai, hanem matematikai tulajdonság, mint például az átlagérték, a szórás, a szórásnégyzet, a terjedelem stb. (Szemben például az átlagos tömeggel, a szilárdság szórásával, a levegőtartalom-mérési eredmények terjedelmével stb., amely mechanikai tulajdonság.)

Lásd még: Mechanika ágazata, tárgyköre, Természettudományok ágazata

Medián

A medián latin szó, középsőt jelent. A sorba rendezett valószínűségi változók (például mérési eredmények) közül a középső érték (páratlan számú adat esetén), vagy a két középső érték (páros számú adat esetén) átlaga. Helyzeti középértéknek is tekinthető, robusztus becslőnek is nevezik. A medián a $p = 0,5$ értékhez tartozó kvantilis. Matematikusok szerint a medián a szélsőségesen eltérő („kilógó”) adatokkal szembeni kis érzékenysége miatt jobban jellemzi a

¹²⁵ *Johannes Kepler* (1571, Weil der Stadt – 1630, Regensburg) német matematikus és csillagász. 1594-ben meghívták a Grazi Egyetemre, ahol matematikát és csillagászatot tanított. 1600-ban II. Rudolf császár udvari csillagászána segédje lett, majd 1601-ben *Kepler* lett az udvari matematikus és csillagász. II. Rudolf császár halála után, 1612-től Linzben matematikusként tevékenykedett. Optikai találmánya az 1611-ben leírt *Kepler-távcső*. A bolygók mozgásának törvényszerűségeit leíró összefüggéseit, amelyek végső formájukban 1609 és 1619 között születtek meg, I.-III. *Kepler-törvények* nevezzük. Harmadik főművének az 1627-ben kiadott „*Rudolf-féle*” bolygótáblázatot tartják. (*Simonyi* 1978, https://hu.wikipedia.org/wiki/Johannes_Keppler)

nemnormális-eloszlásokat, mint az átlag vagy a várható érték. Alkalmazása bizonyos esetekben, például a roncsolásmentes vizsgálatok mérési eredményeinek feldolgozása során előnyös lehet. A medián mindig a módusz és az átlag (várható érték) közé esik.

Normális-eloszlás esetén a medián, a módusz és az átlag (várható érték) egybeesik.

Jele például: $\tilde{x}_{0,5}$, $k_{\text{medián}}$

Lásd még: Ferde eloszlás, Módusz

Megeresztés

Angolul: Steel tempering

Németül: Anlassen

A megeresztés az edzett acél szövetszerkezete egyensúlyi állapotának javítását szolgáló eljárás; megfelelő idejű hőntartással, 721 °C-nál alacsonyabb, általában 100-700 °C közötti hőmérsékleten. A szerkezeti acélokat általában 500-680 °C, a szerszámacélokat 100-300 °C hőmérsékleten szokták megeresztetni. (Verő, 1940), (Óvári szerk., 1985), (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Acél>)

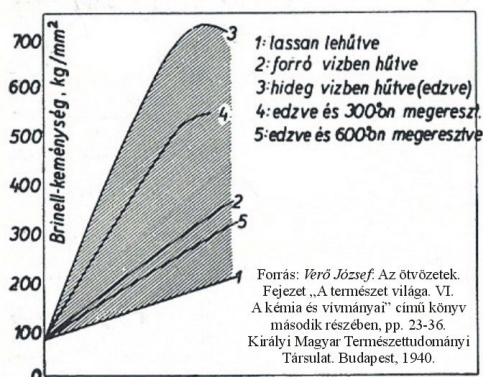
A megeresztés tulajdonképpen célja a martenzites állapottal együtt járó ridegség csökkentése. Minél erőteljesebb a megeresztés, annál lágyabb lesz az acél. A megeresztés csökkenti az acél keménységét, ugyanakkor rugalmasabb és szívósabb acélsanyagot eredményez. A megeresztés két legfontosabb jellemzője a hőmérséklet és a hőntartás ideje; magas hőmérsékleten a rövid idejű megeresztés hatása ugyanakkora, mint alacsony hőmérsékleten a hosszú idejű megeresztés hatása. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Acél>)

A szilárd oldat csak magas hőmérsékleten, a telítettség határáig marad homogén. Ha a szilárd oldat e hőmérséklet alá hűl, úgy az ötvöző elem egy része külön fázisként kiválik a szilárd oldatból. A kivált fázis az ötvözet szövetében az eredeti szilárd oldat kristályszerkezetébe ágyazott apró szemcsék alakjában megtalálható. A kivált fázis mennyisége hűlés közben állandóan szaporodik, és ez a szilárdsági tulajdonságok szempontjából nem kedvező. Ha azonban az ötvözetet a telítettséghez tartozó hőmérsékletnél magasabb hőmérsékletre gyorsan hűtjük le, például hideg vízbe mártjuk, akkor a kiválás teljesen elmarad, a szilárd oldat megtartja eredeti összetételét egészen szobahőmérsékletig. Ez az állapot azonban nem stabilis, hiszen az oldat többet tartalmaz az oldottanyagból, mint amennyit egyensúlyi állapotban tartalmazhat. Ha ellenben hűtés közben, a kiindulási hőmérsékletnél sokkal alacsonyabb hőmérsékleten, a gyorsan hűtött, túltelített szilárd oldat hőmérsékletét kissé emeljük – ez a megeresztés –, úgy az oldott anyag kiválik ugyan a szilárd oldatból, de a koagulálás elmarad. (Verő, 1940)

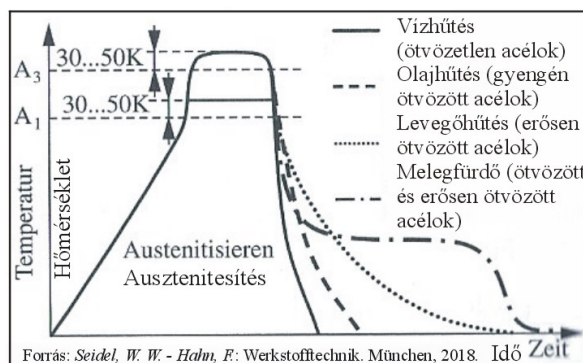
„Az edzett acél keménysége a szénttartalom szerint tág határok közt változik. Megeresztéssel, vagyis az edzett acélnak 721 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletre való hevítésével, annak keménységét mérsékelhetjük és egyben szívóssá is tehetjük. Minél magasabb hőmérsékleten végezzük 200 és 700 °C között a megeresztést, annál lágyabb és szívósabb terméket kapunk (lásd az 1.5.M3. ábra 4. és 5. görbáját.)” – írta Verő József 1940-ben.

„Megeresztéskor az edzett acélban az α -vasból az oldott szén vaskarbid (Fe_3C , cementit) alakjában válik ki, előbb igen apró, mikroszkópon sem látható szemecskék formájában, ezek aztán magasabb hőmérsékleten koagulálnak. Az edzett, aztán megeresztett acél tehát ugyanazokból a fázisokból áll, mint a lassan hűtött acél, sőt a fázisok mennyisége is ugyanaz. Amíg azonban a lassan hűtött acélban a szilárdságot növelő vaskarbid egyenetlenül jelenik meg, addig az edzett és megeresztett acélban apróbb szemeket alkot, és az egész szövetet egyenletesen lepi el. A vaskarbidnak utóbbi módon való eloszlása a szilárdsági tulajdonságok szempontjából nagyon előnyös: az α -vasból való lágy alapanyag keménységét, szilárdságát jobban növeli, szívósságát pedig kevésbé csökkenti, mint a lassú lehűlés után mutatkozó eloszlás. Az edzett és 650 °C körüli hőmérsékleten megeresztett acél különösen lökészerűen ható igénybevételekkel szemben lényegesen nagyobb ellenállást fejt ki, mint a lassan hűtött

acél. Ennek folytán az edzésből és 650 °C hőmérsékleten való megeresztésből álló kezelést, amelyet az acél nemesítésének is neveznek, az erősebben igénybe vett szerkezeti acélokon kiterjedten alkalmazzák.” (Verő, 1940)



1.5.M3. ábra: Az edzés, lehűtés és megeresztés hatása a vas-szén ötvözet keménységére (Verő, 1940)

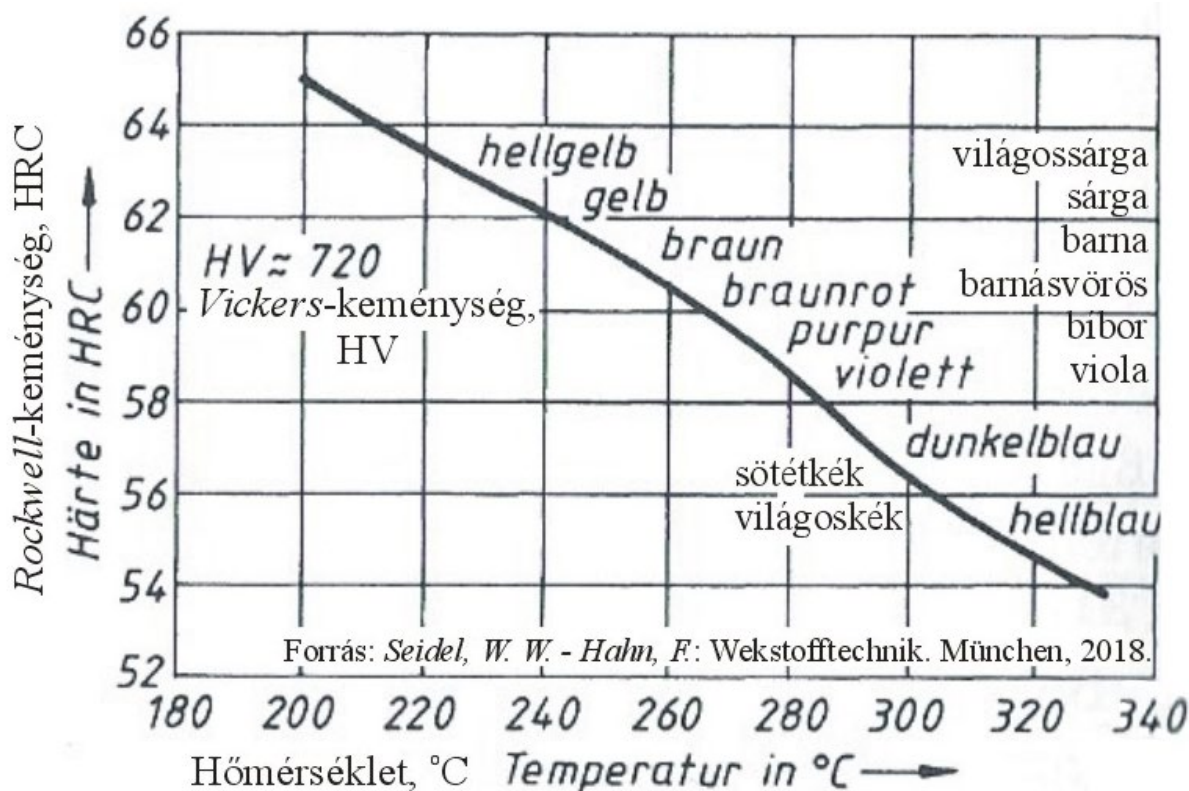


1.5.M4. ábra: Az acél-szén ötvözetek edzési-lehűtési hőmérséklet-idő diagramja (Seidel et al., 2018)

Az acél-szén ötvözetet az edzési hőmérsékletre megfelelő hűtőközegben (lásd az 1.5.M4. ábrát) a kritikus lehűtési sebességnél gyorsabban lehűtve martenzit képződik, miáltal az acélszén anyag nagymértékben keményebbé válik. A lehűtés folyamata megfelelő hőmérsékleten és időre megszakítható, ez a megeresztés. A különböző megeresztési hőmérsékletek hatása az acél szövetszerkezetére következő (Seidel et al., 2018):

- 1) Megeresztés 100...200 °C közötti hőmérsékleten. Megkezdődik a martenzitben oldott szén kiválása és a túlnyomórészt összefüggő (koherens) ϵ -karbid (Fe_2C és Fe_3C közötti alakú átmeneti vaskarbid) fázis képződése, amely a tetragonális térrácsú martenzitnek térszerű köbös térrácsú martenzitté alakulásával jár.
- 2) Megeresztés 200...320 °C közötti hőmérsékleten. A martenzit térrácsváltozása folytatódik, és az ϵ -karbid finom, fénymikroszkóppal nem látható Fe_3C vaskarbidá alakul.
- 3) Megeresztés 320...400 °C közötti hőmérsékleten. Befejeződik a térszerű köbös térrácsú martenzitben oldott szén kiválása, és a vaskarbid (Fe_3C) koagulál. Az anyag szövetszerkezete széntartalom nélküli martenzitből és mikroszkóppal alig észrevehető, nagyon finom, egyenletes (homogén) eloszlású cementit (Fe_3C vaskarbid) golyócskákból áll.
- 4) Megeresztés 400...700 °C közötti hőmérsékleten. Ötvözetlen acél (szénen kívül más ötvöző elem nélküli acél) esetén az Fe_3C vaskarbid koagulációja folytatódik, ötvözött vas esetén a nagyszilárdságú, különleges karbidok, mint például a krómkarbid (Cr_7C_3), a volfram-szubkarbid (W_2C), vanádium-karbid (V_4C_3) kiválnak.

Megeresztés során a vas felülete oxidáció folytán elszíneződik; az oxidált réteg vastagságától függő megeresztési szín a megeresztési hőmérsékletre, illetve a keménységre jellemző (1.5.M5. ábra). (Seidel et al., 2018)



1.5.M5. ábra: Az ötvöztelen acél (szenen kívül más ötvöző elem nélküli acél) elszíneződése és keménységének csökkenése a megeresztési hőmérséklet növekedésével (Seidel et al., 2018)

Az edzés (németül: Härten) és megeresztés (németül: Anlassen) együttes folyamatának megnevezése: nemesítés (németül: Vergüten).

Lásd még: Acélgártás, Betétedzés, Koagulátum, Nemesítés

Megfelelőség igazolás

Igazolás – általában ellenőrző vagy tanúsító szervezet bevonásával – arról, hogy a beton a szabványos követelménynek (például a nyomószilárdsági osztálynak) megfelel. (MSZ EN 206:2013+A2:2021)

A megfelelőség igazolás megnevezése 2013. július 1. óta teljesítmény-állandóság igazolás.

Megfelelőségi nyilatkozat

A gyártó nyilatkozata a kezdeti vagy a folyamatos vizsgálat eredménye alapján arról, hogy a beton a szabványos követelménynek (például a nyomószilárdsági osztálynak) megfelel (MSZ EN 206:2013+A2:2021).

A megfelelőségi nyilatkozat helyettesítője 2013. július 1. óta teljesítmény-nyilatkozat.

Meghibásodási ráta

Angolul: Hazard Rate

Németül: Ausfallrate vagy Hazardrate

A meghibásodási ráta annak valószínűsége, hogy a t időpontig működő hibahely a következő Δt időegység alatt hibásodik meg. (visszavont MSZ KGST 292:1976)

Jele például: HR

Lásd még: Weibull-eloszlás

Megnyúlás

A „megnyúlás” a megváltozott mérési hosszúságnak és az eredeti mérési hosszúságnak a különbsége (ΔL), amelyet az eredeti mérési hosszúságra (L_0) vetítve a „nyúlást” kapjuk.

Lásd még: Nyúlás

Melegbeton

Melegbetont télen, késő ősszel szokás készíteni. „Ebben az esetben vagy a vizet és az adalékanyagot hevítjük fel kb. 60 °C-ra, vagy a friss betont gőzinjektorokkal felszerelt keverőberendezésben melegítjük fel. Az ily módon 40 °C-ra felhevített betont dolgozzuk be a zsaluzatba, és a bedolgozott beton felületét hőszigetelő védőborítással látjuk el.” (Balázs, 1987). A hidratációhő hatására a beton tovább melegszik és általában a külső téli hőmérséklet hatása ellenére megszilárdul.

A beton hideg időben való készítésének a hideg mértékétől (I. – V. hideglépcsőfok) függő szabályait *Ujhelyi János* a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 20. fejezetében foglalta össze. Eszerint a betonkészítés szempontjából hidegnek tekintjük azt az időjárást, amikor a környezeti hőmérséklet átlaga három napon át legfeljebb +15 °C. A meteorológiai előrejelzés alapján kell figyelembe venni a várható környezeti hőmérsékleteket a beton keverésének, bedolgozásának napjára és az azt követő három napra.

Lásd még: Téli betonozás

Melegen hengerelt rudak

Rúd angolul: bar, németül: Stab

Betonacél rúd angolul: reinforcing bar, németül: Betonstahl

Hengerelt rúd angolul: rolled bar, németül: gewalzter Vollstab

Az MSZ EN 10079:2007 szabvány szerint a melegen hengerelt rudak jellegzetessége, hogy azokat mindig egyenes szálakban és sohasem tekercsekben szállítják. Keresztmetszetük tömör, domború szelvényű, amelynek alapján a melegen hengerelt rudak köracélok, négyzet-, hatszög- és nyolcszögcélok vagy laposacélok (vastagságuk legalább 5 mm és szélességük legfeljebb 150 mm), esetleg különleges alakú rudak.

A vasbetonok és feszített vasbetonok készítésére szolgáló rudak meleghengerlés után szabályozott hidegalakvethetők alá, például a hossz tengely irányú húzással vagy e tengely mentén csavarással (MSZ EN 10079:2007).

Lásd még: Betonacél, Feszítőacél, Köracélok

Mellékvegyértékkötés

A mellékvegyértékkötés a kémiai kötések (ionos kötés, atomos kötés, fémes kötés, mellékvegyértékkötés) egyike. A mellékvegyértékkötések többnyire a molekulák közötti (intermolekuláris) vonzóerők, az úgy nevezett *van der Waals*-erők hatásán alapulnak, és azokat a molekulákat tartják össze, amelyek a fővegyérték szempontjából telítettek. (*Neumüller szerk.*, 2. kötet, 1982)

Talabér és szerzőtársai (*Talabér et al.*, 1966) a mellékvegyértékkötést másodlagos kötésnek nevezik, amely az egymástól különböző molekulák közötti vonzóerők (másodlagos kötőerők) hatására jön létre.

Lásd még: Hidratáció, Adszorpciós víz

Menetes végű mérőcsapszeg

Angolul: Threaded striker stud, threaded bolt

Németül: Treibbolzen

A menetes végű mérőcsapszeg az egyik eszköz a fiatal lövellt beton nyomószilárdságának, más szóval a lövellt beton korai nyomószilárdságának MSZ EN 14488-2:2007 szabvány szerinti meghatározására a 3-16 N/mm² nyomószilárdsági tartományban. A fiatal lövellt betonba a menetes végű mérőcsapszeget a hengeres végével a nyomószilárdságmérésre kalibrált beütőeszközzel, a felületre merőlegesen, legfeljebb 20 mm mélységig be kell ütni, majd onnan a mérőcsapszeget annak menetes végére erősített, a fiatal lövellt beton felületére támaszkodó eszközzel ki kell húzni, és a kihúzóeszköz skálájáról vagy digitális kijelzőjéről 5% pontossággal leolvasható kihúzóerőt a csapszeg behatolási mélységével együtt fel kell jegyezni.

A vizsgálathoz legalább 100 mm vastag lövellt beton réteg szükséges.

Ha a mérőcsapszeg nagyon behatol a fiatal lövellt betonba, akkor időt kell adni a további szilárdulásra, majd 24 órán belül a mérést meg kell ismételni. A menetet nem szabad a lövellt betonba beütni. Ha a mérőcsapszeg túl hosszú (behatolási mélység < 20 mm), akkor rövidebb mérőcsapszeget kell használni. A vizsgálathoz 10 mérőcsapszegre van szükség, megfelelő távolságot hagyva az egyes mérőcsapszerek között (> 80 mm).

A fiatal lövellt beton nyomószilárdságának becsült értékét a leolvasott kihúzóerő és a behatolási mélység hányadosának függvényében 10 mérés átlagából a gyártó által vagy a szabványban megadott – a szabványban a 8 mm vagy 16 mm legnagyobb szemnagyságú mészkő adalékanyag, vagy 16 mm legnagyobb szemnagyságú szilikátos adalékanyag esetére vonatkozó – átszámítási összefüggés segítségével kell kiszámítani. Az extrapoláció (az összefüggésnek az értelmezési tartományon kívüli alkalmazása) nem megengedett. Az első 24 órán belül három különböző időpontban végzett vizsgálat eredménye alapján a fiatal lövellt beton az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerinti, általában J2 vagy J3 jelű korai nyomószilárdsági osztályba sorolható.

A másik eszköz a fiatal lövellt beton nyomószilárdságának meghatározására a behatolásmérőtű.

Lásd még: Behatolásmérőtű, Lövellt beton

Meredekség

Lásd: Emelkedő, emelkedés, lejtő, lejtés, iránytangens

Mester-görbe

Olyan regressziós görbe (trendgörbe) megnevezése az angol nyelvterületen (master curve), amely bizonyos valószínűséggel valamely mérhető tulajdonság változását írja le az idő függvényében.

Metakaolin

A metakaolin puccolános tulajdonságú kiegészítőanyag, amelyet poralakban a kaolinit természetes agyagásvány 450-800 °C közötti hőkezelésével, kalcinálásával (olyan égetéssel, amelyhez levegő nem feltétlenül szükséges) gyártanak. A metakaolin fő összetevői a SiO₂ (51-55 tömeg%) és az Al₂O₃ (40-42 tömeg%), és kisebb mennyiségben az Fe₂O₃ (0,5-4,5 tömeg%), TiO₂, K₂O, CaO (0,10-0,35 tömeg%), MgO és Na₂O. Átlagos szemnagysága 1-5 µm, fajlagos felülete 10-179 m²/g, anyagsűrűsége mintegy 2,5 g/cm³. (Mlinárik et al. 2011), (Kausay, 2013)

Betonba keverve az alit (trikalcium-szilikát klinkerásvány) hidratációjára hat, és finomságánál fogva a szilikaporhoz hasonlóan viselkedik, de puccolános reakcióképessége annak kétszerese. Javítja a beton savállóságát, és világosabb színt kölcsönöz a betonnak. A cement 5-15 tömeg%-át metakaolinnal helyettesítve növekszik a beton nyomószilárdsága, kisebb mértékben a hajlító-húzószilárdsága, tűzállósága, csökken az áteresztő képessége és a

kivirágzási hajlama, továbbá megnő fagy- és olvasztósó-állósága, sav- és szulfátállósága, valamint alkáli szilikát reakcióval szembeni ellenállóképessége. (Mlinárik et al. 2011), (Kausay, 2013)

A betonba adagolható úgy nevezett „A típusú” metakaolin minősége feleljen meg az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 3. táblázata szerinti követelményeknek; például a $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ -tartalom > 90 tömeg%, az aktivitási index $\geq 110\%$ legyen stb. Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a k -érték elvének alkalmazásához számításba vehető legnagyobb metakaolin részarány CEM I cementfajta esetén metakaolin/cement $\leq 0,18$ tömegarány, CEM II cementfajta esetén metakaolin/cement $\leq 0,11$ tömegarány. Metakaolint a CEM II/A-D fajtájú szilikapor-portlandcementhez, a CEM II/A-Q fajtájú kalcinált puccolánportlandcementhez, a CEM II/A-M fajtájú kompozit-portlandcementhez, a mérsékelt szulfátálló CEM II/A-DMSR fajtájú szilikapor-portlandcementhez és a mérsékelt szulfátálló CEM II/A-M-MSR fajtájú kompozitportlandcementhez nem szabad keverni.

A metakaolinok minőségére a francia NF P 18-513:2012 szabvány tartalmaz előírásokat.

Lásd még: Aktivitási index, Kaolin, kaolinit, k -érték elve

Mérési vizsgálat

Lásd: Minősítési vizsgálat és mérési vizsgálat

Mérsékelt szulfátálló cement

Lásd: Ferrocement, S-54 szulfátálló portlandcement, Szulfátálló cement

Mértékegységek, Mértékrendszerek

A mértékegység valamely mennyiség rögzített értéke. A mennyiség annak megadásával fejezhető ki, hogy a vizsgált mennyiség hányszor nagyobb az alapul választott egységnél; ez a szám a mennyiségnek a választott mértékegységre vonatkoztatott számértéke. (Fodor, 1971)

A mértékegység lehet tetszőleges és lehet származtatott; utóbbi esetben a mértékegység valamely mértékrendszer egy egysége, például: newton, pascal, joule stb. A mértékrendszer tetszőlegesen választott egységei az alapegységek, például: méter, kilogramm, másodperc stb. (Fodor, 1971)

Magyarországon 1976 óta az SI mértékrendszert (Système International d'Unités) használjuk.

A mértékegységek neve kisbetűvel írandó, még akkor is, ha személynévből származnak, például: newton, joule, poise, volt, watt stb. Ez alól csak a személyneveket jelzőként tartalmazó mértékegységnevek kivételek, például: Celsius-fok, Kelvin-fok stb., de: kelvin. Az alapegységek jele kisbetű (például: m, kg stb.), a személynevekből származtatott mértékegységnevek jele pedig nagybetűvel írandó, például: newton = N, joule = J, pascal = Pa. Több tényezőből álló mértékegység esetén az egyes mértékegységek jelének sorrendje közömbös, de az egyes mértékegységek között hézagot kell hagyni, vagy lehetőleg emelt helyzetű szorzópontot kell tenni (például „newton méter” = „N m”, vagy „N·m”). (Fodor, 1971)

A méter jelével (m) kapcsolatos megjegyzés, hogy az m = milli prefixumot is jelöl, ezért például az mN jel jelentése milli-newton, ami nem tévesztendő össze a „m N” vagy „m·N” jel „méter newton” = „newton méter” jelentésével. (Fodor, 1971)

A mértékegységekről és a mértékrendszerekről részletesebben *könyvünk 1.1. fejezetében* szólunk.

Lásd még: Prefixumok

Mészhomoktégla

A mészhomoktégla falazó- vagy burkolóanyag alapanyaga kvarcdús őrlött homok, őrlött égetett mész és víz. Szilárdságát a mintegy 200 °C hőmérsékleten történő 4-8 órás autokláválás során kialakuló kalcium-hidro-szilikát ásványoknak köszönheti. Nyomószilárdsága általában legalább 10 N/mm².

A mészhomok falazóelemek MSZ EN 771-2:2011+A1:2015 szabványában a terméktulajdonságokra – mint a méret, a testsűrűség, a nyomószilárdság, a tapadószilárdság, a páraáteresztőképesség, a hővezetési tényező, a vízfelvétel, a fagyállóság, a zsugorodás – követelményeket nem írtak elő, a szabvány csak előírt tűrésértékeket tartalmaz.

A DIN 20000-402:2017 szabvány szerint az időjárásálló mészhomoktégla száraz testsűrűsége legalább 0,81 kg/dm³, a mészhomoktégla átlagos nyomószilárdsága legalább 5 N/mm², a fagyálló mészhomoktégla átlagos nyomószilárdsága legalább 12,5 N/mm², a 2,21-2,40 kg/dm³ száraz testsűrűségű mészhomoktégla számításba vehető hővezetési tényezője 1,6 W/(mK).

A mészhomoktégla hangszigetelésre is alkalmazható, léghanggátlása például 56-57 dB (decibel).

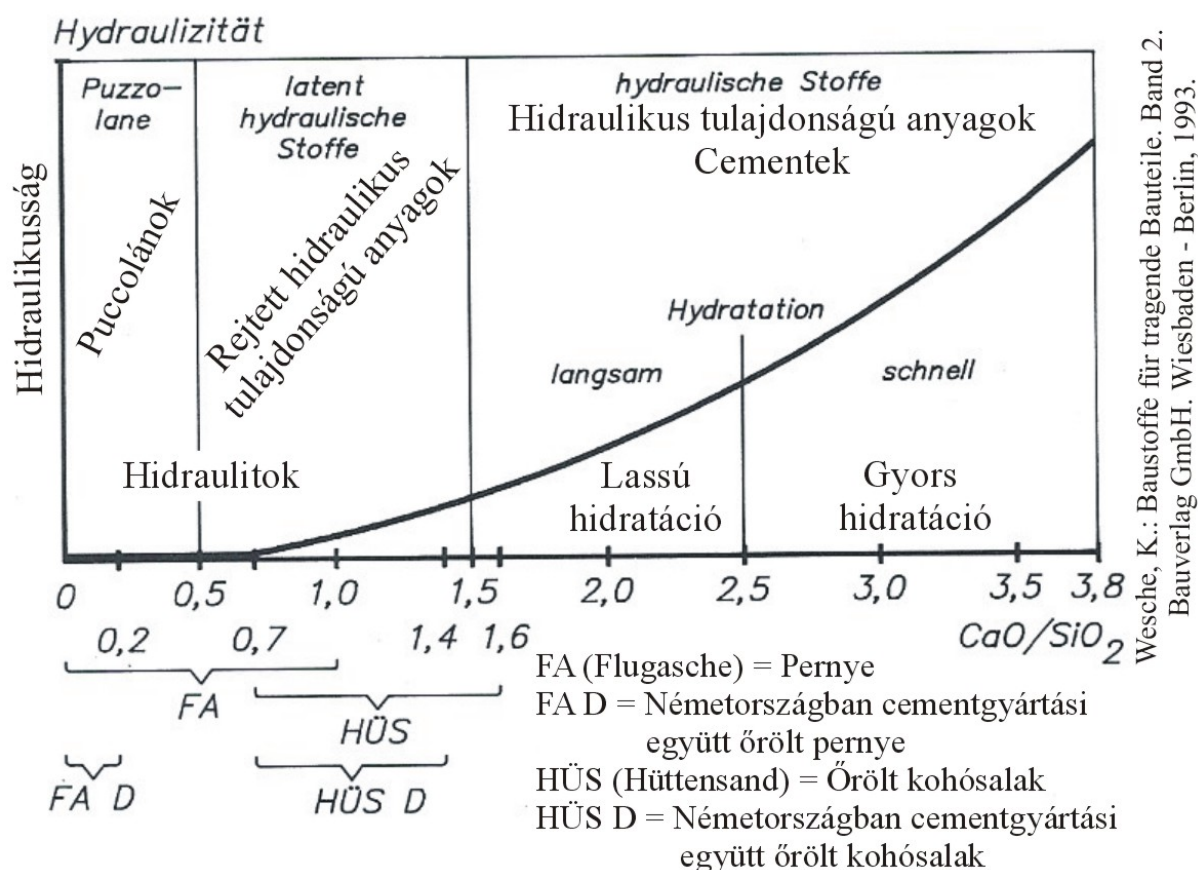
A mészhomoktégla falazaton a tapasztalat szerint vakolás előtt célszerű cementpép (cementtej, cement és víz híg keveréke) fröcskölést alkalmazni.

A mészhomoktégla Magyarországon régóta gyártott falazóanyag (MOSz 133:1934, MNOSZ 133:1951), az újonnan épült iszkaszentgyörgyi mészhomoktéglagyár a Xella Magyarország Kft. tulajdona (https://www.xella.hu/hu_HU/Xella-Magyarország).

Lásd még: Gázbeton

Mész-modulus

Mész-modulusnak a CaO/SiO₂ tömegarányt nevezzük, amely az aktív, II. típusú kiegészítőanyagok és a cement hidratációs hajlamának, hidraulikusságának (németül: Hydraulizität), más szóval vízzel való kötőképességének kifejezője (1.5.M6. ábra)



1.5.M6. ábra: Az aktív, II. típusú kiegészítőanyagok és a cement hidraulikussága, azaz vízzel való kötőképesége a mész-modulus (CaO/SiO_2) függvényében (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

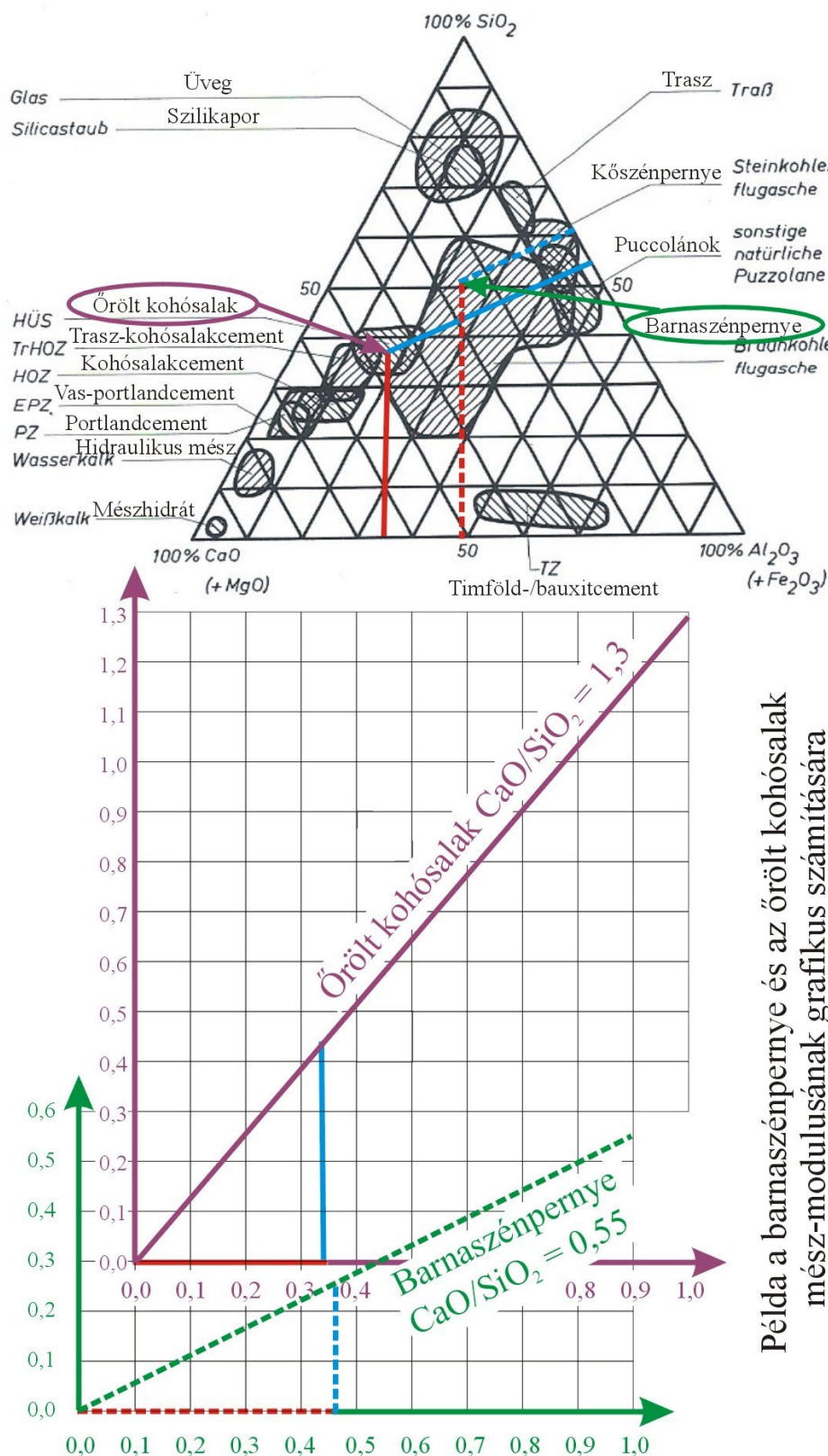
A cement hidraulikus kötőanyag, amelynek mész-modulusa: $1,5 \leq \text{CaO}/\text{SiO}_2 < 3,8$. A cement hidratációjának sebessége a mész-modulus függvénye. (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

Az őrlt égetett olajpala is hidraulikus tulajdonságú anyag, de nagy (8-9 tömeg%) kén-trioxid-tartalma (SO_3 -tartalma) és duzzadásveszélye (németül: Treibgefahr) miatt önmagában kötőanyagként nem használják. Az égetett olajpala kalcium-oxid-tartalma (CaO -tartalma) több, mint 25 tömeg% (Wesche et al., 2. kötet, 1993). A finomra őrlt égetett pala az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti CEM II/A-T és CEM II/B-T fajtájú égetettpala-portlandcement gyártásához alkalmazható.

A rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú anyagok – mint például a bázikus pernye (barnaszénpernye) és az őrlt, granulált kohósalak – mész-modulusa: $0,5 \leq \text{CaO}/\text{SiO}_2 < 1,5$; ezek vízzel csak kis mértékben reagálnak, és gerjesztőre (aktivátorra) van szükségük ahhoz, hogy cementszerűen megszilárduljanak. (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

A puccolánok (például a trasz, a kőszénpernye), amelyek mész-modulusa: $\text{CaO}/\text{SiO}_2 < 0,5$, csak kalcium-hidroxid (portlandit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) jelenlétében reagálnak vízzel. (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

A puccolánokat és a rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú anyagokat együttvéve hidraulitoknak nevezzük. A visszavont DIN 1164-1:1978 szabvány szerinti néhány hidraulit és cement összetétel szerinti elhelyezkedése a $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ háromszög-diagramban (Wesche et al., 2. kötet, 1993), valamint példa a barnaszénpernye és az őrlt kohósalak mész-modulusának grafikus számítására a háromszög-diagram alapján az 1.5.M7. ábrán látható.



Példa a barnaszénpernye és az örölt kohósalak
mész-modulusának grafikus számítására
a háromszög-diagram alapján

1.5.M7. ábra: A felső ábrán a visszavont DIN 1164-1:1978 szabvány szerinti néhány hidraulit és cement összetétel szerinti elhelyezkedése a háromszög-diagramban (Wesche et al., 2. kötet, 1993); az alsó ábrán példa a barnaszénpernye és az örölt kohósalak mész-modulusának grafikus számítására a felső ábra alapján

Lásd még: Cement, Háromszög-ábra, *Gibbs*-háromszög, Hidraulikus tulajdonság, Hidraulit, Kohósalak, *Michaelis*-féle hidraulikus modulus, Pala, Pernye, Puccolános tulajdonság, *Rankin*-diagram, Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság, Térfogatállandóság, Trasz, Tufa

Mészpuccolán

A mészpuccolán a gyengén hidraulikus kötőanyagok csoportjába tartozik, bár az egykori MNOSZ 4716:1954 szabványban is hidraulikus kötőanyagnak nevezték, annak ellenére, hogy az alapanyaga hidrátvíztartalmú eruptív eredetű tufa őrleménye és porráoltott fehér mész volt, és legfeljebb 10 tömeg% portlandcementklinker-őrleményt tartalmazott.

Lásd még: Gyengén hidraulikus kötőanyagok, Kőművescement

Mész-standard

A mész-standard, amelyet *Kühl* (1958) vezetett be (*Keil*, 1971), a cementklinker régebben használt oxidos mutatója:

$$Kst = \frac{100 \times c(\text{CaO})}{2,8 \times c(\text{SiO}_2) + 1,1 \times c(\text{Al}_2\text{O}_3) + 0,7 \times c(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

A mész-standard (Kst) előnye a mésztelítési tényezővel (TT) szemben, hogy nem függ az aluminát-modulustól (AM), hátránya viszont, hogy a szabad mész- és a szulfáttartalmat nem veszi számításba. A Kst mész-standard mindig nagyobb, mint a TT mésztelítési tényező. (*Riesz et al.*, 1989)

Lásd még: Szilikát-modulus, Aluminát-modulus, Mésztelítési tényező

Mésztelítési tényező, mésztelítettség

A mésztelítési tényező, más szóval a mésztelítettség (TT) a cementklinker egyensúlyi mésztelítettségét kifejező hányados.

Ha az aluminát-modulus értéke: $AM > 0,64$, akkor:

$$TT(I) = \frac{c(\text{CaO}) - c(\text{szabad CaO}) - 1,65 \times c(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0,35 \times c(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0,7 \times c(\text{SO}_3)}{2,8 \times c(\text{SiO}_2)}$$

és ha az aluminát-modulus értéke: $AM < 0,64$, akkor:

$$TT(II) = \frac{c(\text{CaO}) - c(\text{szabad CaO}) - 1,1 \times c(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0,7 \times c(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0,7 \times c(\text{SO}_3)}{2,8 \times c(\text{SiO}_2)}$$

A mésztelítési tényező (mésztelítettség) határértékei: $0,85 < TT < 0,95$.

Ha $TT \geq 1,0$, akkor a klinker egyensúlyi fázisként szabad kalcium-oxidot (CaO) tartalmaz. A szabad kalcium-oxid vízzel lassan, csak a cement megszilárdulása után, erős térfogatnövekedés közben reagál, és duzzadást, repedezést okoz. A klinker égetése során a $TT = 1,0$ egyensúlyi állapotot gyakorlatilag sohasem éri el, mert ahhoz igen nagy hőmérsékletre és hosszú égetési időre volna szükség. Ezért írják elő a TT fenti elérendő tartományát.

Minél nagyobb a TT, a cement annál több trikálcium-szilikátot (alit, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) tartalmaz, amely a klinker legértékesebb alkotórésze, és annál kevesebb a kevésbé értékes dikalcium-szilikát (belit, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) mennyisége.

Az alsó TT határhoz közeli klinker kevesebb szabad meszet, kevesebb trikálcium-szilikátot és több dikalcium-szilikátot tartalmaz.

Régebben a klinker mésztelítési tényezője helyett a mész-standardot használták. (*Riesz et al.*, 1989)

Lásd még: Szilikát-modulus, Aluminát-modulus, Mész-standard

Migráció

A migráció, migrálás latin eredetű szó (migratio = vándorlás). Migrációnak nevezik a fizikokémiában az *ionok mozgását vizes oldatokban (elektrolitokban), elektromos tér hatására*.

Neumüller szerk., 3. kötet (1983) szerint a migráció különféle ipari termékekben végbemenő anyagátmenetet jelent. Migráció például a kis molekulatömegű anyagoknak (például lágyítószereknek) a műanyagok (például fóliák) felületére vitele, a pigment-migrálás műanyagokba, a különböző festési és átítatási folyamatok a textiliparban stb. A geológiában a migráción az ásványolaj vándorlását értik keletkezési helyéről a mai lelőhelyére.

Migrációs folyamat a kémiai túlnyomásos talajszilárdítás vagy a falak utólagos kémiai túlnyomásos vízszigetelése, a beton injektálása vagy hidrofobizálása, a habbeton vagy habszilikát habosítási eljárása.

A migráció jelentése tágabb a diffúzió jelentésénél, összetevői a diffúzió, a szorpció (kapilláris szívás az adhéziós erők hatására) és a permeáció. A migráció az ionfolyadékra ható külső nyomás (permeáció) nélkül elképzelhetetlen; a diffúzió a migráció része; diffúzió nélkül nincs migráció, ezzel szemben a diffúzió „önmagától való”, külső természeti és emberi erőktől független (például termékgyártási folyamaton kívül is lejátszódó) ionvándorlás. A diffúzió az ionok külső erők hatása nélküli „egyensúly kereső” mozgása. A migráció „nagy léptékű”, a diffúzió „kis léptékű” jelenség.

Szabadjon a diffúzió és migráció egymáshoz való viszonyát a mindennapi gyakorlat számára végtelenül leegyszerűsítve, banális példával szemléltetni: a feketekávéba tett cukor „önmagától” diffúzióval oldódik a kávéban, de ha a kávé megkeverjük, akkor az előidézett jelenség már „migráció egy csésze kávéban” (ezzel korántsem kicsinyítve a kávékavarás jelentőségét), és hasonlóképpen a papírra ejtett tintapaca „önmagától” diffúzió hatására szívdízik a papírba és hagy nyomot rajta, de ugyanakkor a hagyományos módon kinyomtatott könyv a nyomdagép préserejének köszönhetően migrációs termék.

Lásd még: Diffúzió, Hidrodinamikai permeabilitás, Klorid-migrációs együttható

Michaelis-féle hidraulikus modulus

A hidraulikus modulus összefüggését *W. Michaelis* 1868-ban írta fel. (*Keil*, 1971)

A *Michaelis-féle hidraulikus modulus* egykor röviden „mészmodulusnak” (itt tudatosan írtuk egy szóba) nevezték (*Czakó M.*, 1933), és azt *nem szabad a mai mész-modulus fogalmával összetéveszteni*. Ugyanez vonatkozik a régebbi szakirodalomban fellelhető többi „mészmodulusra” is.

A *Michaelis-féle hidraulikus modulus* azt adja meg, hogy a portlandcement CaO tartalma hányszor nagyobb a $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ összegénél. A régi német szabványok szerint 1,7 tömegrész CaO-ra legfeljebb 1 tömegrész ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) essék (*Czakó M.*, 1933), vagyis:

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \geq 1,7$$

Megjegyzendő, írta *Czakó Miklós* (1933), hogy a *Michaelis-féle hidraulikus modulusban* („mészmodulusban”) szereplő SiO_2 nem a bruttó-analízis szerinti összes, hanem csak az oldható SiO_2 -t jelenti. Úgyszintén a CaO nem az összes CaO-t, hanem az SO_3 -tartalomhoz kötött CaO levonása után fennmaradó CaO-t jelenti. Az örölt klinkerhez a kötési viszonyok szabályozására hozzáörölt gipsz mésztartalma tehát nem számítandó a modulusba stb.

A német szabványokban a *Michaelis-féle hidraulikus modulusnak* („mészmodulusnak”) csak egy *alsó* határértékét jelölték ki. Évtizedekre terjedő kémiai analízisek tényleg azt bizonyítják,

hogy a jó portlandcementek „mészmodulusa” mindig 1,7 fölött, sőt általában 2,0 körül van. A „mészmodulus” $\geq 1,7$ azonban nem egyedüli kritériuma a portlandcement jóságának, mint ahogy például az előírt nyomószilárdság sem egyedüli kritérium. A „mészmodulus” nevezőjének összetevői más-más mennyiségű meszet képesek megkötni, tehát nemcsak az összegük fontos, hanem az egymásközi viszonyuk is. Ezért volt szükség a „mészmoduluson” (értsd alatta a *Michaelis*-féle hidraulikus modulust) kívül a szilikát-modulus és az aluminát-modulus bevezetésére is, amelyek a „mészmodulussal” együtt további lehetőséget nyújtanak a portlandcement kémiai összetételének számszerű jellemzésére. (Czakó M., 1933)

Lásd még: Aluminát-modulus, Mész-modulus, Szilikát-modulus

Michaelis-féle szakítógép

A piskóta alakú cementhabarcs próbatestek húzószilárdságának meghatározására alkalmas laboratóriumi eszköz az MSZ 523:1953 szabvány szerint.

Mikrocement

Az úgy nevezett mikrocementek fészkek, hézagok, repedések injektálással való kitöltésére használhatók.

„A mikrocementeket különleges őrlési technikával (sugármalom) és adalékszerekkel kb. 1 μm méretűre aprítják. Ezt az 1 μm -es egyedi szemnagyságot szárazon a cement sokáig megtartani nem tudja, mert agglomerálódik (összeáll, tömörödik, csomósodik). Ezért a közvetlenül felhasználás előtt vizes őrlés formájában utóőrlik az úgy nevezett dezaggregátorban (csomósodást megszüntető berendezésben).

A cementhez tehát előre is adagolnak „száraz” adalékszereket, majd pontos, előregyártott technológia szerint adagolnak hozzá vizes oldatban nagyhatású felületaktív anyagokat, folyósítókat, kötési idő szabályozókat, s így dezaggregálják (megszüntetik a csomósodást).

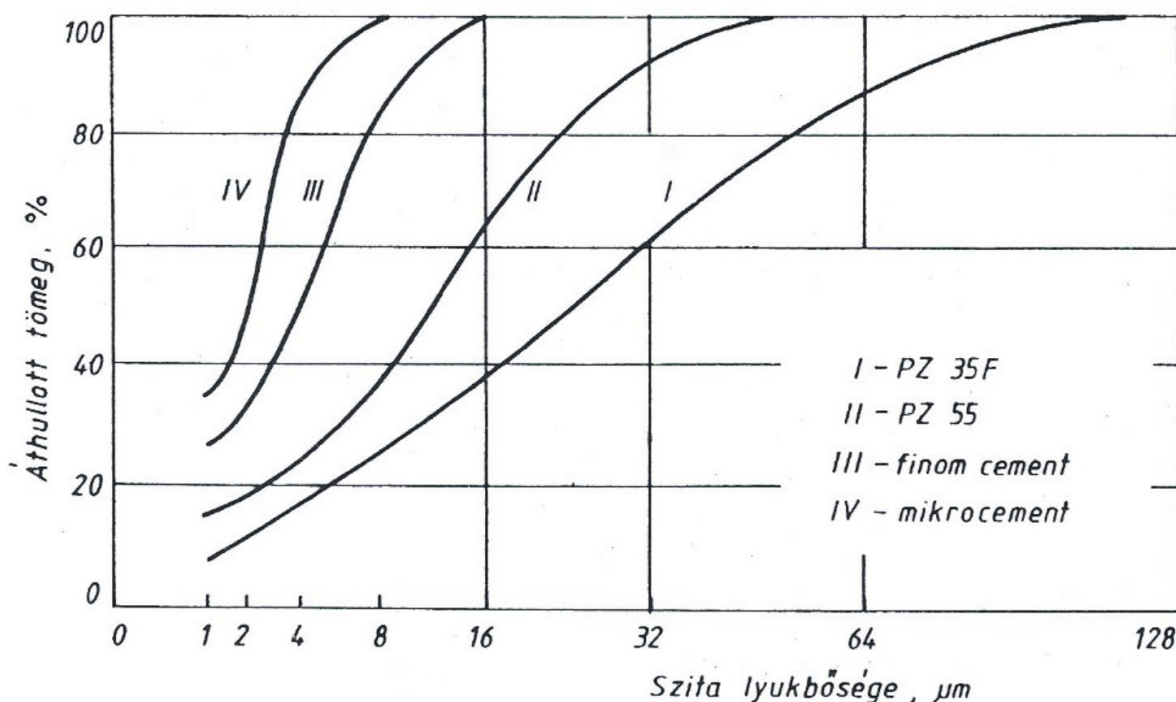
A viszonylag sűrű zagy a dezaggregálás folyamán felmelegszik, ezért az egész rendszert 25 °C alá visszahűtik.

Az így előálló zagy behatoló képessége a pórusokba igen nagy. A zagy vízfolyékonyságú, azaz elveszítette tixotróp jellegét és newtoni folyadékként viselkedik, ezáltal nagyon jól képes kitölteni a hajszálrepedéseket és a fészkeket is. Az anyag a levegőn állva összerepedezik a finomsága miatt, ezért csak belső üregek, repedések kitöltésére használható.

Az általában kötéseleltetett zagyot órákig kötetlen állapotban tartják. A bevitel középnyomásos (néhány bar) technológiával végezhető az előre benedvesített és injektáló csónkokkal előkészített betonfelületbe.

A mikrocement jól hozzáköt a betonrészekhez, ezáltal sikerül a betonszerkezet eredetileg tervezett szilárdsági paramétereit újjáalakítani, a munkahézagokkal megszakított betonozási szakaszokat monolitá alakítani.” (Balázs et al., 1999. Szerző: Kovács Károly).

„A 8 μm , illetve 5 μm legnagyobb szemnagyságú mikrocementek szemmegoszlási görbéje az 1.5.M8. ábrán látható. Az injektálásra alkalmas mikrocement-szuszpenzió úgy jön létre, hogy az alkotókat kolloidkeverőben (kb. 10000 ford/perc) legalább 3 percen át keverik úgy, hogy az elvárt elegystabilitás jöjjön létre. Ebben a keverőben a szemcsék átnedvesednek, lehet, hogy keverés közben kisebb nedves utánőrlés is végbemegy. A nagy sebességű keverés közben a suszpenzió felmelegszik, és gyorsabban köt. Meleg időben szükség lehet a suszpenzió hűtésére, mivel az eltarthatóság a hőmérséklet függvénye. A suszpenzió bedolgozhatóságának a feltétele, hogy a javítandó építmény hőmérséklete legalább 5 °C legyen. Az injektáláshoz 3-6 bar nyomást használnak. A finomcement-szuszpenzióval való injektálás előnye a műgyantával összehasonlítva, hogy nem betonidegen; továbbá a betonfelületről könnyebb eltávolítani, mint a műgyantákat.” (Balázs et al., 1999. Szerző: Balázs György)



Forrás: Breitenbücher, R.: Instandsetzung und Ertüchtigung von Massivbauwerken durch den Einsatz von Feinzementen. Darmstädter Massivbau-Seminar. Band. 12. 1994.

1.5.M8. ábra: Különböző cementek szemmegoszlási görbéi Breitenbücher (1994) szerint (Balázs et al., 1999. Szerző: Balázs György)

A napjainkban sokszor „mikrocementnek” vagy „mikrobetonnak” nevezett kereskedelmi termék tulajdonképpen nem cement, hanem portlandcementből, nagyon finom homokból, polimerből, adalékszerekből és pigmentekből álló, általában zsákos száraz keverék. Ezzel a „mikrocementnek” nevezett termékkel 2-3 mm vastagságú szennyeződéstaszító, tartós, vízálló és kopásálló padló- és falbevonatok készíthetők. Kapható a vásárló saját kívánsága szerint színezhető „mikrocement” is.

Lásd még: Injektálás

Mikroporit

Lásd: Könnyűbetonok

Minőség

A dolgok lényegét jellemző tulajdonságok összessége; valaminek az értékelést is magában foglaló jellege. (Juhász et al., 1972)

E könyvben sokszor a minőség kifejezést használjuk az angol „performance” főnév szó szerinti fordításaként a szabványosítási és jogalkotási gyakorlatban használatos „teljesítmény” kifejezés helyett is.¹²⁶

Minőségellenőrzési hibaszintek

A minőségellenőrzési hibaszintek fogalmát a XX. század derekán dolgozták ki, és annak matematikai statisztikai értelmezése az ISO 2859 szabványsorozatban található. Az ISO 2859 szabványsorozatban megkülönböztetik például az átlagos kimenő hibaszintet (AOQ),

¹²⁶ Lásd a Teljesítőképesség fogalmához tartozó lábjegyzetet.

az átlagos kimenő hibaszint határát (AOQL), az átvételi hibaszintet (AQL), a visszautasítási hibaszintet (LQ) stb.

Hazánkban jelenleg az ISO szabványsorozat következő tagjai érvényesek:

MSZ ISO 2859-1:2008

MSZ ISO 2859-1:1999/AMD 1:2020

MSZ ISO 2859-2:2020

MSZ ISO 2859-3:2007

MSZ ISO 2859-4:2007

MSZ ISO 2859-5:2007

A minőségellenőrzési hibaszintekkel régebben például a visszavont MSZ 247-1:1977 szabványban foglalkoztak.

Minősítéses vizsgálat és méréses vizsgálat

Minősítéses vizsgálat németül: Zählende Abnahmeprüfung, Attributive Prüfung, Gut-Schlecht-Prüfung

Méréses vizsgálat németül: Messende Abnahmeprüfung, Variablenprüfung

A minősítéses és a méréses vizsgálat a matematikai statisztikán alapuló mintavételes minőségellenőrzés része, amelynek feltétele, hogy a vizsgált tétel (halmaz) természetes egységekből álljon, azaz a tételben lévő elemek száma mindig természetes szám (pozitív egész szám) legyen. Ezek a természetes egységek lehetnek darabok (például csavarok, téglák, kőanyagszemek, darabolt betonacélok, alkatrészek stb.) vagy csomagolt mennyiségek (például 25 kg-os cementes zsákok, 200 kg-os adalékszeres hordók, 500 kg-os acélhuzaltetekercsek, 10 literes gázpalackok stb.). Ha a tétel (halmaz) nagysága természetes elemszámmal nem fejezhető ki (például ömlesztett porok, folyadékok, keverékek stb.), akkor annak mintavételes minőségellenőrzése körülményesen értelmezhető. (Rinne et al., 1995)

A minta *minősítéses vizsgálatával* azt határozzuk meg, hogy a minta mekkora részhányada esik valamely feltétel szerinti tartományba. E körbe tartozik például az AOQ, AOQL, AQL, LQ hibaszint meghatározása.

Minősítéses vizsgálat például az adalékanyag a hosszúság/vastagság = 3 arányszám szerinti szemalakovizsgálata *Schulze*-féle (1953) szemalak tolómérővel (visszavont szabványok: MSZ 1991:1967, MSZ 18288-3:1978) vagy a névleges vastagság/szélesség = 0,5 arányszám szerinti szemalakovizsgálata a *Pös*-féle (1968) réses rostával, résrostával. (Reznák, Mélyépítéstudományi Szemle, 1967; 1971), (MSZ EN 933-3:2012)

A minta *méréses vizsgálatával* a mintaelemek valamely tulajdonság szerinti eloszlása határozható meg. A méréses vizsgálat eredményét sokszor valószínűségi eloszlással fejezzük ki, amely esetben megkülönböztetjük a visszatevés nélküli vizsgálatot (például hipergeometrikus valószínűségi eloszlás feltételezésével) és a visszatevéses vizsgálatot (például binomiális valószínűségi eloszlás feltételezésével).

Méréses vizsgálat például az adalékanyag szemalakjának a *Quervain*-féle (1950) koordináta-rendszerben a hosszúság/szélesség és vastagság/szélesség tengelyarányok szerinti jellemzése, amely az adalékanyagszemek hosszúságának, szélességének és vastagságának tolómérővel való tényleges megmérése alapján alapul. (Zingg, 1935), (visszavont MSZ 18288-3:1978)

Lásd: Minőségellenőrzési hibaszintek Minőségellenőrzési hibaszintek, Visszatevés nélküli mintavétel és visszatevéses mintavétel

Minősítési érték

A minősítési érték az anyag vagy termék valamely tulajdonságára, esetleg tulajdonságaira vonatkozó követelmény, amely lehet előírt érték és tapasztalati érték. A tapasztalati minősítési

érték teljesülését előírt módon kell meghatározni. A mért, tapasztalati minősítési érték ne legyen kisebb – illetve értelemszerűen nagyobb – az előírt minősítési értéknél. A minősítési érték lehet például egyedi érték, átlagérték (számtani középérték), legnagyobb vagy legkisebb érték, átlagérték és legkisebb egyedi érték együtt, átlagérték és szórás együtt és lehet jellemző (karakterisztikus) érték.

Például az egykori MSZ 4719:1982 szabvány 3.2.2. szakaszában úgy fogalmaztak, hogy a próbatestek nyomószilárdságának MSZ 4720-2:1980 szerint meghatározott jellemző értéke érje el a nyomószilárdsági osztályra előírt minősítési értéket.

Az e-UT 07.01.14:2011 „Beton, vasbeton és feszített vasbeton hidak. Közúti hidak tervezése (KHT) 4.” útügyi műszaki előírás 2. táblázatában a nyomószilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értékét ma is minősítési értéknek nevezik.

Minta, vizsgálati minta

A vizsgálandó anyagból a vizsgálat céljára elkülönített, az átlagos minőséget képviselő anyagmennyiség, amely elegendő egy vagy több egyedi vizsgálati minta vagy próbatest készítésére.

További értelmezések:

- A minta vagy vizsgálati minta az együtt értékelt vizsgálati eredmények egyedi (egyes) vizsgálati mintái vagy próbatestjei csoportjának a neve. Például a szilárdságvizsgálati minta legalább három próbatestből áll, amely próbatestek vizsgálati eredményének átlaga egy eredménynek számít (MSZ 4798:2016).
- Egy vagy több egyedi (egyes) minta alkotta friss beton szűrőpróba (Spot sample, Stichprobe), amelyet a betonkeverék (mint a betonkeverődob tartalma) egy részéből vesznek és gondosan átkevernek (MSZ EN 12350-1:2009)

Lásd még: Betonkeverék (mint a betonkeverődob tartalma), Gyűjtőminta

Mintavételes minőségellenőrzés

Lásd: Minősítési vizsgálat és mérési vizsgálat

Mixergépkocsi

Önjáró alvázra szerelt betonkeverő gép, amely alkalmas homogén beton keverésére gyors fordulattal (például 12 fordulat/perc) és szállítására lassú fordulattal (például 2-6 fordulat/perc). (Kausay, 2013)

Módosított víz-cement tényező

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetében és például a Betonlexikonban (Ujhelyi szerk., 2006) módosított víz-cement tényezőnek a víz-cement tényezőnek a péptelítettségtől függő módosított értékét nevezik. Ez nem tévesztendő össze a *Palotás*-féle x_0 redukált víz-cement tényezővel.

Lásd: Beton vízigénye, Redukált víz-cement tényező

Modul-rendszer

A minőségi követelményeknek való megfelelés igazolására a globális megközelítés elvével az EU-ban bevezették a modul-rendszert. A rendszer nyolc modult tartalmaz, ezek rögzítik a megfelelőség igazolás eljárásait és lehetséges változatait. A tanúsítási módszer előírásánál legalább két változat közül választást tesznek lehetővé a gyártó számára: terméktanúsítás vagy rendszertanúsítás. (Varga, 2007)

A megfelelőség-értékelési modulokat Európai Közösségek Tanácsa 93/465/EGK számú határozata mellékletének II. fejezetében fogalmazták meg, és az MSZ 25051:1996 számú

szabvány is ezeket veszi alapul. A termeléstől és az azt szabályozó irányelvtől függően a megfelelés-értékelési eljárás igen változatos lehet, kezdve az „A” modult jelentő gyártói nyilatkozattól a teljes minőségbiztosítási rendszer meglétét és tanúsítását igénylő „H” modulig. Az MSZ 25051:1996 szabványban szereplő eljárások, illetve modulok akkor is alkalmazhatók, ha a megfelelés értékelésének vagy tanúsításának szükségességét nem jogszabály írja elő, hanem például a tanúsításról a felek szerződésben állapodnak meg.

Módusz, modus

A környezetében a legnagyobb (relatív) gyakorisághoz tartozó valószínűségi változó, azaz a (relatív) gyakorisági görbe csúcsához tartozó abszcissa érték, amelyből akár több is lehet.¹²⁷ A módusztól a ferdeség (elnyúló lejtés) irányában helyezkedik el a medián, azt követően a számtani átlag (várható érték).

Jele például: x_{mod} , k_{modus}

Lásd még: Ferde eloszlás, Medián

Mohr törésmélete

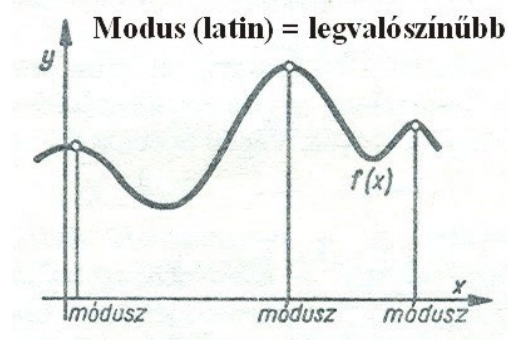
Lásd: Törésméletek

Mohr-Westphal mérleg

A *Mohr*¹²⁸-*Westphal* mérleg a folyadékok sűrűségmérési eszközeinek egyike: olyan különleges kialakítású egyenlőtlen karú mérleg, amelynek hosszabbik karja végére vékony fémszálon ismert térfogatú üvegúszó függeszthető. Az úszó egyúttal sokszor hőmérő is. A *Mohr-Westphal* mérleg működése *Archimedes* törvényén alapszik: az ismeretlen sűrűségű (anyagsűrűségű) folyadékba merülő üvegúszóra ható felhajtóerő a hosszabbik mérlegkaron egymástól egyenlő távolságra lévő hornyokba megfelelően elhelyezett lovasokkal kiegyenlíthető; a lovasok súlyából és helyzetéből a felhajtóerő, illetve a folyadékba merülő üvegúszó *látszólagos* súlyvesztése – amely egyenlő a kiszorított folyadék súlyával –, abból pedig az üvegúszó térfogatának számításba vételével a folyadék sűrűsége meghatározható.

A folyadékot 20 °C hőmérsékletre kell beállítani. Ha a folyadék hőmérséklete ettől eltér, akkor a mérési eredményt a visszavont MSZ 3259:1985 szabvány szerint lehet 20 °C hőmérsékletű folyadék sűrűségére átszámítani. (*Balázs szerk.*, 1983), (*Weiss*, 1974, I. kötet)

127



A modus elsődleges jelentése *Györkösy* (1994) latin-magyar szótára szerint: mérték, terjedelem, nagyság, mennyiség, hosszúság.

¹²⁸ *Karl Friedrich Mohr*, illetve *Carl Friedrich Mohr* (1806, Koblenz – 1879, Bonn) német természettudós, gyógyszerész, vegyész. Tanulmányait Bonnban (Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn) és Heidelbergben (Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg) végezte. Fő érdeklődési területe a titrimetria (térfogatós vegyelemzés) volt.

A *Mohr-Westphal* mérleg működése a hidrosztatikai mérleg működésének – az ismert és ismeretlen tulajdonságok szempontjából – tulajdonképpen az „inverze”, mint azt az *1.5.M1. táblázatban* látni.

1.5.M1. táblázat: A *Mohr-Westphal* mérleg és a hidrosztatikai mérleg működésének összevetése

	<i>Mohr-Westphal</i> mérleg	Hidrosztatikai mérleg
A mérleg használatának célja	Folyadékok sűrűségének meghatározása	Szabálytalan alakú, tömör, illetve nulla vízfelvételű, a mérőfolyadékban nem oldódó szilárd testek sűrűségének meghatározása
Ismert	Az üvegúszó tömege és térfogata	A vizsgált szabálytalan alakú szilárd test tömege
Ismeretlen, megméréndő	A vizsgált folyadék sűrűsége	A mérőfolyadék sűrűsége
		A vizsgált szabálytalan alakú szilárd test térfogata

Lásd még: Archimedes törvénye, Areométer, Anyagsűrűség, Hidrosztatikai mérleg

Moláris kémiai anyagkoncentráció

A moláris anyagkoncentráció az adott tiszta anyag egységnyi térfogatában található molok száma.

Mértékegysége: 1 mol/m^3

Molekulasúly

Elavult fogalom, amelyet a relatív molekulatömeg fogalma váltott fel.

Lásd: Relatív molekulatömeg, Atomtömeg

Moltömeg vagy moláris tömeg

Lásd: Atomtömeg

Monolit szerkezet betonja, monolitbeton

A monolit görög eredetű összetett szó (mono-lithos), egy darabból vésett követ jelent (*Bakos szerk.*, 1973), a betontechnológiában az „egyetlen darabból” álló szerkezetek, szerkezetrészek elnevezése, amelyeket számtalanszor monolit szerkezetként említünk.

A monolitbeton voltaképpen a monolit beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek készítéséhez használt friss beton elnevezése, amely rendeltetése helyén általában határolófelületek közé öntve, tömörítve, például az építmény zsaluzata között szilárdul meg. A monolitbetont többnyire telepített, több építéshelyet kiszolgáló betongyárban keverik meg, és mint piaci terméket transzportbetonként szállítják az építéshelyre, de készíthetik az építéshelyi, az adott építéshelyet kiszolgáló betonkeverőüzemben is.

Monoszulfát

A monoszulfát ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MS}$) a természetben elő nem forduló cement-hidratációs termék, amelynek tulajdonságait könyvünk 16.1. fejezetében részletesebben tárgyalunk.

Monumentális épületek

A monumentális épületek az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabvány 2.1. táblázatában a 100 év tervezési élettartamú (5. osztály) építmények egyik példjaként szereplő kifejezés, amelyben a monumentális jelző korántsem az épületszerkezetek vagy épületek óriási,

hatalmas méreteire (*Bakos szerk.*, 1973), hanem – a hidakhoz és más építőmérnöki szerkezetekhez hasonlóan – az épületek, illetve építmények jelentőségére, értékére, elvárt tartósságára utal.

Lásd még: Tartószerkezetek élettartama

Mozgási súrlódás

Lásd: Csúszási súrlódás

Munkameneterv

Lásd: Betontechnológiai munkameneterv

Műanyagok

A műanyagok olyan mesterségesen készített anyagok, amelyek mindig több anyag keverékéből állnak, legalább egy komponensük polimer. A többi összetevő: kitöltőanyag, vázanyag, öregedés gátló, feldolgozást segítő anyag, festék stb.

A tulajdonképpen műanyagok polimerét polimerizált szerves monomerek alkotják.

A szerves szilikon műanyagcsoport polimere például a polidimetil-sziloxán, amelynek szerves atomcsoportjába szilícium- és oxigénatomok épülnek be.

A polimerek nem szinonimája a műanyagoknak, a műanyag = polimer + egyéb összetevő anyag.

Lásd még: Műgyanták, Polimerek, Termoplasztok, Szilikonok

Műgyanták

A szerves műgyanták vagy más néven duroplasztok hőre keményedő (szemben a termoplasztal, amely hőre lágyuló) kétkomponensű polimerek. A műgyanták („A” komponens) a térhálósítóval („B” komponens) keverve, a „B” komponens által elindított kémiai reakcióval, az úgy nevezett térhálósodással keményednek meg, szemben például a hagyományos ragasztókkal, amelyek az oldószer elpárologtatásával kötnek meg.

A térhálósodást térfogat-növekedés és hőmérséklet-emelkedés kísérheti.

A keletkező polimer általában erősen hálós szerkezetű, ezért a műgyantákat olykor polimer-szövetnek is nevezik. A műgyanták szinte mindig amorf szerkezetűek.

Az újramelegítés során a műgyanták másodlagos kötése megolvadnak, rugalmassági modulusuk csökken, de a polimer-szövet csomópontjai megakadályozzák, hogy a műgyanta ténylegesen megolvadjon és folyóssá váljon. További melegítés során a műgyanták gumivá alakulnak, majd felbomlanak. Ezért a műgyanták melegen nem alakíthatók, nem újrahasznosíthatók.

A kétkomponensű szerves szilikongyantákból formákat, hő- és hidegálló formákat, szigetelőket, ragasztókat készítenek.

Lásd még: Műanyagok, Műgyanták eltarthatósága, Polimerek, Szilikonok, Termoplasztok

Műgyanták eltarthatósága

Az elkészített ragasztó, megkevert kétkomponensű műgyanta eltarthatóságát (felhasználhatósági idejét) a fazékidő (edényidő) fejezi ki.

Lásd még: Fazékidő, edényidő.

Műselyem

Lásd: Viszkóz

Műszaki értékelést végző szervek

Szervek, amely az európai értékelési dokumentumtervezetek kidolgozásával és az európai műszaki értékelések kiadásával foglalkoznak és műszaki értékelést végeznek. Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete bevezető részének (22) bekezdése szerint a műszaki értékelést végző szerveket a tagállamok jelölik ki. Annak érdekében, hogy a műszaki értékelést végző szervek valóban rendelkezzenek az e feladatok elvégzéséhez szükséges hatáskörrel, kijelölésük kritériumait uniós szinten állapítják meg. A (23) bekezdés szerint a műszaki értékelést végző szervezeteknek létre kell hozniuk egy szervezetet (a műszaki értékelést végző szervek szervezetét) az európai értékelési dokumentumtervezetek kidolgozásának és az európai műszaki értékelések kiadásának koordinálására, biztosítva ezen eljárások átláthatóságát és a szükséges titoktartást.

Műszaki értékelést végző szervek szervezete

Lásd: Műszaki értékelést végző szervek

Műszaki szabály

Az Európai Parlament és Tanács 98/34/EK számú irányelve szerint műszaki szabály a műszaki leírások és más követelmények vagy szolgáltatásra vonatkozó szabályok, beleértve a vonatkozó közigazgatási rendelkezéseket is, amelyek betartása az értékesítés, a szolgáltatásnyújtás, valamely szolgáltató létrehozása vagy a valamely tagállamban vagy annak nagyobb részén történő használat esetén de jure vagy de facto kötelező, valamint a tagállamok törvényi, rendeleti vagy közigazgatási rendelkezései, kivéve azokaz, amelyek megtiltják valamely termék gyártását, behozatalát, értékesítést vagy használatát, vagy valamely szolgáltatás nyújtását vagy használatát, illetve valamely szolgáltató létrehozását.

Műtárgy

Műtárgy minden építmény, ami nem minősül épületnek és épület funkciót jellemzően nem tartalmaz (például út, híd, torony, távközlés, műsorszórás műszaki létesítményei, gáz-, folyadék-, ömlesztett anyag tárolására szolgáló és nyomvonalas műszaki alkotások). (1997. évi LXXVIII. tv. 2. § 8., 10., 15. pont)

Az egyes sajátos építményfajtáknál külön műtárgy meghatározással is találkozhatunk. Például az út műtárgya: a híd, a pontonhíd, a hajóhíd, a felüljáró, az átereszt, az alagút, az aluljáró, a támfal, a bélésfal, az út víztelenítését szolgáló burkolt árok, csatorna vagy más vízelvezető létesítmény (a két méternél nagyobb nyílású áthidaló műtárgy: híd; a két méternél kisebb nyílású áthidaló műtárgy: átereszt). (1988. évi I. tv. 47. § j. pont)

Nagy használati értékű beton

A „nagy használati értékű beton” a „nagy-teljesítőképességű beton” kifejezés helyett szívesen alkalmazott, kifejezőbb, magyar nyelven jobban értelmezhető szinonim kifejezés.

Lásd még: Nagy használati értékű beton

Nagy-teljesítőképességű beton

Nagy-teljesítőképességű beton (németül: Hochleistungsbeton, angolul: high-performance concrete, franciául: béton très performant) alatt a különleges tulajdonságú, nagyszilárdságú, nagytömörségű, a káros hatásoknak igen ellenálló, tartós betont értik.¹²⁹ A nagy-teljesítőképességű beton tágabb fogalom, mint a nagyszilárdságú beton.

¹²⁹ Az európai szabványok és rendeletek honosításával elterjedt angol „performance” kifejezés szó szerinti fordítása (teljesítőképesség, teljesítmény) nem szerencsés, mert a magyar nyelvben a teljesítőképesség, illetve a

Lásd még: Nagyszilárdságú beton

Nagyolvasztó

Lásd: Acélgyártás

Nagyolvasztósalak

Lásd: Kohósalak, Acélgyártás

Nagyszilárdságú beton

Nagyszilárdságú a beton, ha C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú szokványos (közönséges, normál) beton vagy LC55/60 – LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton vagy C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú nehézbeton.

Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerint a nagyszilárdságú beton (HSC) jellemző értéke $f_{ck,cyl} > 50 \text{ N/mm}^2$, tehát már a C50/60 nyomószilárdsági osztályú beton is nagyszilárdságúnak számít, és ismeri a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont is.

A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha a szabványos próbahengeren mért átlagos nyomószilárdsága $60 - 150 \text{ N/mm}^2$ között van. A $f_{cm,cyl} = 150 \text{ N/mm}^2$ értékű átlagos nyomószilárdság már az ultra-nagyszilárdságú beton alsó átlagos nyomószilárdsági határértéke.

A nagyszilárdságú beton kifejezést szívesen alkalmazzuk a nagyteljesítőképességű beton (régbben NT-jelű beton) szinonimájaként, ugyanis minden nagyszilárdságú beton egyben „nagyteljesítőképességű” is és fordítva.

Nanocement, nanobeton

A nanocement vagy nanobeton olyan cementpép, cementhabarcs vagy beton megnevezése, amelynek kötőanyagát, illetve adalékszerét nanotechnológiával készítik, miáltal a cementhabarcs és a beton tulajdonságai a nanotechnológián alapulnak.

A nanotechnológia építőipari termékei „(nanotermékei)” jelenleg a cementkötésű építőanyagok, zaj- és hőszigetelő vagy hőmérséklet-szabályozó anyagok, felületi bevonatok, valamint tűzvédelemi bevonatok. (Greßler et al., 2012)

teljesítmény fogalmát emberek, állatok, gépek és természeti erők idő egység alatt végzett, változást eredményező munkájaként értelmezzük (Juhász et al., 1972). A betonnak ilyen képessége nincs. A betonnak használati értéke – emberi igények kielégítésére való alkalmassága –, minősége, tulajdonsága viszont van.

Annak ellenére, hogy a nagy-teljesítőképességű betont németül is így nevezik (Hochleistungs-beton), azt tartjuk helyesnek, hogy ebben a könyvben a „nagy-teljesítőképességű” helyett a „nagy használati értékű”, az „ultra nagy-teljesítőképességű” helyett az „ultra nagy használati értékű” jelzőt alkalmazzuk a szinonimaként az ilyen betonra.

Valamely termék teljesítőképességnek, teljesítménynek („performance”) nevezett tulajdonságát teljes mértékben kifejezi a „tulajdonság” vagy a „minőség” főnév is, ugyanis a Magyar értelmező kéziszótár (Juhász et al., 1972) szerint a „minőség” a dolgok lényegét jellemző tulajdonságok összessége, mint filozófiai kategória, illetve valaminek az értékelést is magában foglaló jellege. Ezért és ilyen értelemben használjuk e könyvben a „tulajdonság” és a „minőség” fogalmát is.

A teljességhez tartozik, hogy az MSZ IEC 50(191):1992 nemzetközi elektrotechnikai szabvány szerint a „teljesítőképesség” műszaki kapacitás; a terméknek az a képessége, hogy adott mértékű szolgáltatási igényt elégít ki adott belső feltételek között. Ilyen értelemben a teljesítőképesség fogalmának anyagtani használata bár nem szerencsés, de szabvány- és jogi környezetben kényszerűségből akár el is fogadható (például nagy-teljesítőképességű beton), de a mozdulatlan anyag, építőanyag, beton stb. teljesítményéről és teljesítmény-nyilatkozatáról beszélni mindenképpen bántó, helytelen.

Lásd a „Teljesítőképesség” fogalomhoz tartozó lábjegyzetet is.

A cementkötésű nanotermékeket négy főcsoportba szokták sorolni (Greßler et al., 2012):

- Ultra nagyszilárdságú beton, amely a pórusokat kitöltő szilícium-dioxid nanorészecske tartalmú adalékszerrel készítve a 200 N/mm^2 nyomószilárdságot is elérheti.
- Javítóhabarcsok betonjavításhoz, amelyek kedvező tulajdonságai (húzó- és nyomószilárdság, fagyállóság, káros hatásokkal szembeni ellenállóképesség) a nanoszerkezetű cementpép jobb hidratációjában rejlenek.
- Fotokatalitikus betontermékek és bevonatok. Fotokatalízisnek azt a folyamatot nevezik, amelynek során a nanoméretű titán-dioxid részecskék ultra ibolya sugárzás és páratartalom jelenlétében például oxigén-gyökök keletkezésével a szerves anyagokat lebontják, vagy a légszennyező nitrogén-oxidok nitráttá alakításával a levegőt tisztítják.
- Talajszilárdítás az útépitésben, tömítés a víz- és csatornaépítésben, vízzárás a gát- és hulladéktároló-építésben stb. a pórusokat kitöltő nanoméretű szilícium-dioxid részecskéket tartalmazó polimer-diszperziók segítségével.

Napjainkban a nanoanyagok – és így az úgy nevezett „nanotermékek” – a kutatási költségek és a bonyolult gyártástechnológia folytán (<https://de.wikibrief.org/wiki/Nanoconcrete>) lényegesen drágábbak, mint a hagyományos anyagok. (Greßler et al., 2012)

Lásd még: Nanotechnológia, Ultra nagyszilárdságú beton

Nanoszilika

A nanoszilika a mikroszilikánál is finomabb mesterséges puccolán. Szilícium-dioxid tartalma 100 tömeg%, átlagos szemnagysága mintegy 15 nm (~0,015 μm). BET szerinti fajlagos felülete mintegy 180-230 m^2/g , tehát a szilikaporénak mintegy tízszerese. A betontechnológiában vizes kolloid oldat alakjában MSZ EN 934-2:2002 szerinti stabilizáló adalékszerként alkalmazzák, amelynek nanoszilika-tartalma mintegy 40 tömeg%, sűrűsége mintegy 1,3 g/cm^3 , adagolása a cement tömegére vett 0,2-5,0 tömeg%. Fő alkalmazási területe a tartós, nagy szilárdságú, vízzáró, agresszív hatásoknak ellenálló betonok készítése. A nanoszilika-tartalmú stabilizáló adalékszer a cement és a víz adagolása előtt az adalékanyaggal mindig össze kell keverni. Az ilyen adalékszer dugattyús és centrifugál szivattyúval nem szállítható (<https://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/60-szilikapor.pdf>).

Lásd még: Nanotechnológia, Puccolán, Puccolános tulajdonság, Szilikapor

Nanotechnológia

A nanosz görög eredetű szó, jelentése törpe.

A Nemzetközi Mértékegység Rendszerben (SI) a nano- előtag azt jelenti, hogy az utána következő mértékegység az alapegység egymilliárdod része. Eszerint 1 nanométer (nm) = 10^{-9} méter. Így aránylik 1 cm a 10 000 km-hez.

(<https://hu.wikipedia.org/wiki/Nanotechnológia>)

A nanotechnológiai¹³⁰ a nanoszerkezetek jellemzőivel, előállításával és mérnöki alkalmazásaival foglalkozó fizikai és kémiai szakterület, mely tágabb értelmében az alkalmazott tudomány és technika széles területeit fedi le. Olyan anyagi szerkezetekkel foglalkozik, melyeknek legalább egy kiterjedése a nanométeres nagyságrendbe, vagy ahhoz közel esik.

¹³⁰ A modern nanotechnológia korszaka 1981-ben kezdődött, amikor feltalálták a pásztázó alagútmikroszkópot (STM = scanning tunneling microscope), amellyel az egyes atomokat látni lehet. Bár a modern nanotudomány és a nanotechnológia teljesen új keletű, a nanoanyagokat már évszázadok óta használják: például a középkori templomok üvegfestményeit alkotó művészek nem tudták, hogy kezük nyomán módosult az anyagok szerkezete, amelyekkel dolgoztak.

(<https://www.nanoprom.hu/hu/content/22-mi-a-nanotechnologia>)

(<https://hu.wikipedia.org/wiki/Nanotechnológia>)

A nanotechnológia feladata az anyag tulajdonságainak meghatározása, befolyásolása, illetve nanoszerkezetű eszközök készítése. E multidiszciplináris területen olyan tudományágak működnek együtt, mint a kolloid-kémia, a szupermolekuláris kémia, a félvezetők fizikája, az anyagtudomány és a szilárdtestfizika. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Nanotechnológia>)

A nanotechnológiának az építőanyaggyártásban is van szerepe. A korszerű vizsgálati módszerek lehetővé teszik a beton (*Nehme*, 2022), az aszfalt (*Nagy R.*, 2022) stb. nanoméretű tanulmányozását.

Lásd még: Nanocement, Nanoszilika

Navier (Bernoulli-Navier) hajlítási képlet

A négyszög keresztmetszetű gerendák teherbírásszámításának mintegy kétezer éves írásos hagyományai vannak, ha a Kr. e. valószínűleg 80-10 között élt római építész és hadmérnök, *Marcus Vitruvius Pollio*¹³¹ munkásságára gondolunk. A hosszú fejlődés végeredménye az elemi szilárdságtan alapképletének tekintett, a *Bernoulli-Navier* feltevéseken alapuló, *Navier* által közzétett hajlítási képlet (*Palotás*, 1979. 1. kötet), (*Bojtár*: A szilárdságtan nagy tudósai. Bernoulli, Navier és a klasszikus gerendaelmélet, é.n.):

$$\sigma_{\text{hajl}} = \frac{M}{K}$$

ahol:

M = a keresztmetszetre ható nyomaték;

K = keresztmetszeti tényező vagy keresztmetszeti modulus, amelynek értéke négyszög alakú keresztmetszet esetén. $K = (a \times b^2)/6$;

a = a négyszög alakú keresztmetszet alapja;

b = a négyszög alakú keresztmetszet magassága.

Lásd még: *Bernoulli* feltevés (hipotézis)

Nátrium-oxid egyenérték, Na₂O-egyenérték

A cementek alkáli-tartalmát nátrium-oxid egyenértékben szokás kifejezni. Számításmódja: Na₂O-tartalom tömeg% + 0,658×K₂O-tartalom tömeg%

¹³¹ *Marcus Vitruvius Pollio* (szabad római polgárként Kr. e. 80-70 körül, talán Veronában született, és feltehetőleg Kr. e. 15 körül halt meg) római építész, hadmérnök Gaius Julius Caesar, majd Augustus császár szolgálatában. Tíz könyvre osztott „De architectura libri decem” című művét, amelyben építészeti tapasztalatait összegezte, Kr. e. 33 és 22 között írta, és 1414-ben egy svájci kolostorban találták meg. Az ősi római építészet egyetlen forrásának tekinthető mű első nyomtatott kiadása Rómában 1486-ban, német fordításban Nürnbergben 1548-ban, magyar nyelven 1898-ban („Marcus Pollio Vitruvius tíz könyve az építészetéről”; fordította *Fuchs Béla*, felülvizsgálta *Bódis Juszti*; kiadta a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet könyvkiadó vállalata Budapesten) jelent meg. (Wikipedia)

Vitruvius idézet: „Így azok az építőmesterek, akik tudományos képzés nélkül csak ügyes kézművesek, gyakorlati emberek, nem képesek megfelelő eredményt elérni; azok pedig, akik egyedül csak az elméletre és a tudományos képzésre támaszkodnak, legfeljebb a valóság árnyékát közelítik meg. Azok azonban, akik mindkettőt magukévá tették, gyorsan és fényes sikerrel érik el a kitűzött célt.” (*Palotás*, 1979. 1. kötet).

Vitruvius művéből tudjuk, hogy a rómaiak *opus caementitium*nak nevezték az úgy nevezett öntött falazatot, amelyet hidraulikus kötőanyaggal készítettek. A víz alatt is szilárduló kötőanyagot valószínűleg hidraulikus mészből égetéssel és őrléssel, később a Vezúv környéki vulkánikus tufák porának felhasználásával állították elő (mészpuccolán). *Vitruvius* ismerte a puccolánföld („*pulvis puteolanus*”) hidraulikus tulajdonságait (*Palotás*, 1979. 1. kötet).

Nedvesítési szög, illeszkedési szög

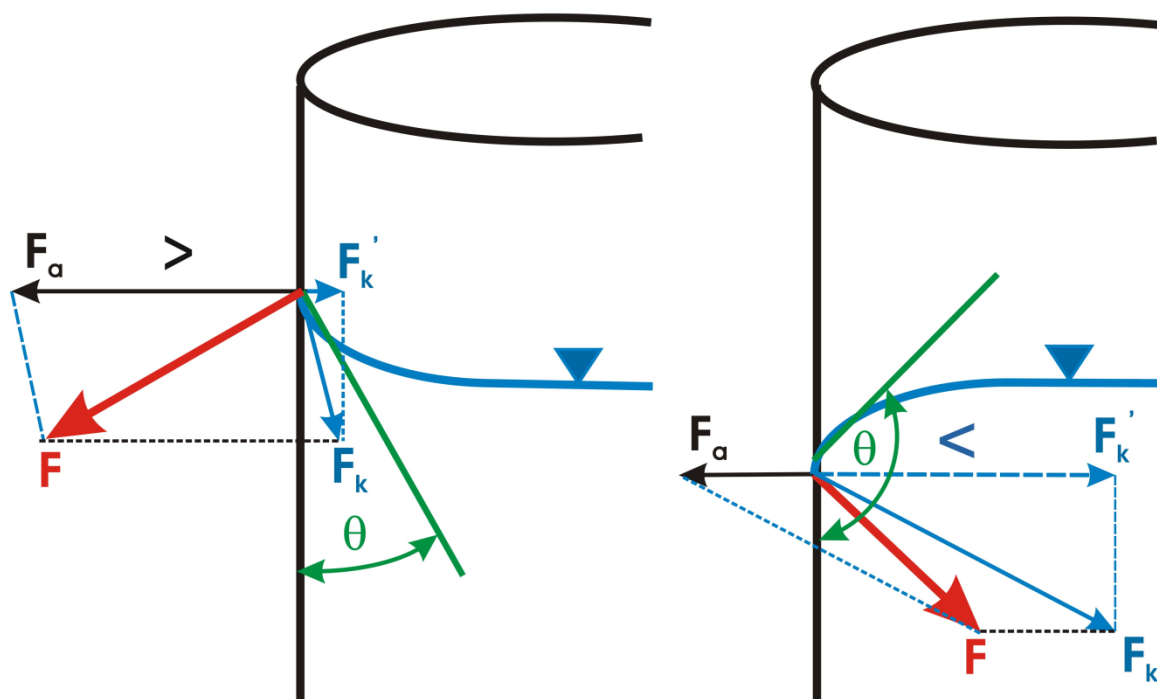
A nedvesítési (illeszkedési) szög a szilárd felülettel érintkező folyadék felszíne érintkezési pontot tartalmazó érintősíkjának a fal érintősíkjával bezárt szöge (θ).

A felületi feszültség és a nedvesítési (illeszkedési) szög hatására a folyadék az edényt *nedvesíti* (hidrofil tulajdonság) vagy *nem nedvesíti* (hidrofób). Vékony csőben egy *nedvesítő* folyadék szintje magasabb, a *nem nedvesítő* folyadéké alacsonyabb, mint a nagyfelületű edényben lévő folyadék szintje.

A folyadék felszínén lévő részecskékre a folyadék belsejéből irányuló eredő erő hat, és a folyadék felszínét csak ezen erő ellenében tudjuk növelni.

Mint az 1.5.N1. ábrán látni lehet, ha az érintkezési pontban a fal F_a adhéziós ereje nagyobb, mint a folyadékrészecskék F_k kohéziós erejének a falra merőleges komponense (F_k'), akkor az F eredő erőre merőleges folyadék felszín homorú (például víz az üvegcsőben), ellentétes esetben domború (például higany az üvegcsőben). Ha a két erő egyenlő, a nedvesítési szög $\theta = 90^\circ$, és a folyadék felülete merőleges a falra, a vékony csőben a folyadék szintje azonos a nagyfelületű edényben lévő folyadék szintjével. Ezt az állapotot az „ideális nedvesítés” esetének nevezik.

A víz nedvesítési szöge például síküvegen 0° , acélon 90° , a higany nedvesítési szöge síküvegen 140° . (Tuckermann, 2006)



1.5.N1. ábra: Nedvesítési szög

Lásd még: Hidrofil tulajdonság, Kapillaris vízfelszívás, Víz felületi feszültsége

Nedvességtartalom

Lásd: Víztartalom

Nehéz adalékanyag

A nehéz adalékanyagok szemeinek a testsűrűsége 110 ± 5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig kiszáritott állapotban legalább 3000 kg/m^3 .

A nehéz adalékanyagok sugárvédő és egyéb nehézbetonok, például beton súlytámfalak, testhangszigetelő nehézbetonok készítésére alkalmasak. Megjegyzés: A testhang (lépéshang,

dübörgés, kopogás) a szilárd anyagban hangvezetés útján terjedő hang.

Springenschmid (2007) szerint a gamma- és neutronsugárzás ellen védő nehézbeton készítéséhez nagy testsűrűségű kőanyagot, mint a barit (súlypát, bárium-szulfát), magnetit, hematit (vörös vasérc), kell adalékanyagként alkalmazni, sőt e célra acélgranulátum (acél szemhalmaz) adagolására is szükség lehet. A gyors neutronok lelassításához a nagy testsűrűség mellett könnyű elemekre, mint a hidrogén vagy bór, van szükség.

Az ólom-tartalmú anyagok alkalmazása nehéz adalékanyagként szóba sem jöhet, mert azok rontják a cement szilárdulását; a szilárd betont pedig a nedvesség által kilúgozott mésszel reakcióba lépő ólom károsíthatja.

A *DBV Merkblatt Strahlenschutzbeton* (1996) műszaki útmutató szerint a sugárvédő beton adalékanyagainak tulajdonságai a következők:

1. Természetes nehéz adalékanyagok

Barit (BaSO_4)

Kristályos baritok: A kristályszerkezet jól látható; Az ásvány kristályszerkezete miatt ezek a baritok irányorientált hasítással rendelkeznek. A feldolgozás során töredezett szemcseforma és nagy kopás lép fel.

Amorf baritok: A kristályszerkezet alig felismerhető. Zúzaskor kompakt szemcseforma alakul ki. A szemcseszilárdság nagyobb és a kopás kisebb, mint a kristályos baritnál.

BaSO₄ tartalom: 85% vagy több

Sűrűség: 4,00-4,30 kg/dm³

Alkalmazás: Röntgen- és (lágy) gamma-sugárzás elleni árnyékolás.

Magnetit (Fe_3O_4)

Vasérc a sötétszürkétől a feketéig. Általában zúzás után zömök szemcse alakú; ez mágneses.

Fe-tartalom: 65-70%

Testsűrűség: 4,65-4,80 kg/dm³

Alkalmazás: Gamma-sugárzás elleni árnyékolás; részecskegyorsítókban és egyéb létesítményekben.

Hematit (Fe_2O_3)

A vasérc többnyire vörösesbarna, de törve szürkés-fekete. A kristályok sokkal kisebbek, mint a magnetit kristályai; Ezért a hematit nagyon kemény. A szemcsék kevésbé zömökök, mint a magnetit szemek. A hematit gyakran nagyobb arányban tartalmaz ovális és hosszúkás szemcséket; de ez nem befolyásolja jelentősen a beton bedolgozását.

Fe-tartalom: 65-68%

Testsűrűség: 4,70-4,90 kg/dm³

Alkalmazás: gamma-sugárzás elleni árnyékolás; részecskegyorsítókban és egyéb létesítményekben.

Ilmenit (FeTiO_3)

Titán vasérc, színe és szemcseszerkezete hasonló a magnetitéhez.

Fe-tartalom: 36-40%

TiO₂-tartalom: 36-42%

Testsűrűség: 4,55-4,65 kg/dm³

Alkalmazás: Gamma-sugárzás elleni árnyékolás; részecskegyorsítókban és egyéb létesítményekben.

2. Mesterséges nehéz adalékanyagok

Ferrofoszfor (vas-foszfid, Fe_3P_2)

Elektrotermikusan megolvasztott vas-foszför ötvözet, amely a foszforgyártás mellékterméke. A szemcsék kissé érdesek és törékenyek; feldolgozása nehéz; a szemek hosszú tárolás esetén széteshetnek.

Fe-tartalom: 70-72%

P-tartalom: 20-25%

Testsűrűség: 5,80-6,20 kg/dm^3

Alkalmazás: Nagyobb testsűrűségű betonok; elsősorban a gamma-sugárzás elleni árnyékolás.

Ferroszilícium (FeSi)

Az olvasztott korund készítésének mellékterméke. Kemény anyag kopásálló esztrichkekhez és betonokhoz.

Fe-tartalom: 70-80%

Testsűrűség: 6,00-6,20 kg/dm^3

Alkalmazás: Nagyobb testsűrűségű betonok; elsősorban a gamma-sugárzás elleni árnyékolás.

Vas granulátum (Fe)

A szemek gömb alakúak és speciális eljárásokkal készülnek. Legnagyobb szemnagysága 8 mm.

Fe-tartalom: $\geq 90\%$

Testsűrűség: 6,80-7,50 kg/dm^3

Alkalmazás: Nagy testsűrűségű beton; elsősorban a gamma-sugárzás elleni árnyékolás.

Acélszemcse (Fe)

Kerek vagy szögletes szemcsék, 0,2 mm-es legkisebb és 3 mm-es legnagyobb szemnagyságban. Csak szűk szemcsefokozatban kapható (gyakorlatilag egyszemcsés halmaz).

Fe-tartalom: $\geq 90\%$

Testsűrűség: 7,50 kg/dm^3

Alkalmazás: Nagy testsűrűségű beton; elsősorban a gamma-sugárzás elleni árnyékolás.

3. Kristályvíz-tartalmú nehéz adalékanyagok

Limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

A vasércек mállásával keletkező ásvány. Különböző szemcse-szilárdságú és a szemalakú típusok léteznek.

A limonit nagy szilárdságú, gömb vagy zömök alakú szemcsékből áll. Ez az érc csak 4 és 16 mm közötti szemnagyságban kapható.

Fe_2O_3 tartalom: 75-80%

Kristályvíz-tartalom: 10-12%

Testsűrűség: 3,50-3,65 kg/dm^3

Alkalmazás: Neutronok elleni árnyékolás.

Szerpentin ($\text{Mg}_6[(\text{OH})_6\text{Si}_4\text{O}_{11}]\cdot\text{H}_2\text{O}$)

Krizotil fajta. Főleg hidratizálással (Hydratisierung = víz beépülésével) keletkező magnézium-szilikát.

Kristályvíz-tartalom: 11-13%,

Testsűrűség: körülbelül $2,60 \text{ kg/dm}^3$

Alkalmazás: neutronok elleni árnyékolás.

A megadott kristályvíz-tartalom normál éghajlati viszonyokra vonatkozik.

3. Bórtartalmú nehéz adalékanyagok

Kolemanit, mint természetes ásvány ($2\text{CaO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Bór-kalcit, mint ipari termék ($\text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$)

B_2O_3 -tartalom: 40-45%

CaO tartalom: 25-35%

Testsűrűség: $2,30\text{-}2,40 \text{ kg/dm}^3$

Alkalmazás: neutronok elleni árnyékolás.

Bórfritt ($\text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}$)

Bóraxból és szilikátokból olvasztva főleg a zománcipar számára.

B_2O_3 -tartalom: kb 50%

Testsűrűség: $2,40\text{-}2,50 \text{ kg/dm}^3$

Alkalmazás: Neutronok elleni árnyékolás.

Bór-karbid (B_4C)

B-tartalom: 77-79%

Testsűrűség: körülbelül $2,50 \text{ kg/dm}^3$

Alkalmazás: Neutronok elleni árnyékolás.

Bei neueren Anlagen wurden jedoch aufgrund der besseren Verarbeitbarkeit als Zuschlag Magnetit, Serpentin, Hämatit oder Baryt und teilweise zusätzlich Eisengranulatzuschläge verwendet.

So lässt sich z. B. mit einem Zementgehalt von 340 kg/m^3 (CEM III/B 32,5), einem Wassergehalt von 170 kg/m^3 , mit 1410 kg/m^3 Hämatit 0/6, mit 1680 kg/m^3 Hämatit 6/25 und mit 150 kg/m^3 Sand 0/8 eine Rohdichte von $3,6 \text{ t/m}^3$ erreichen. Mit 890 kg/m^3 Hämatit 0/8 anstelle von Sand 0/8 sowie 1920 kg/m^3 Hämatit 6/25 und zusätzlichen 1350 kg/m^3 Eisengranulat kann eine Rohdichte von ca. $4,5 \text{ t/m}^3$ erreicht werden.

Forrás: Beton-Kalender 2011. évi 1. kötet 368. oldal

A nehéz adalékanyag gyártója kötelező érvénnyel tájékoztatást kell adjon az adalékanyag összetételéről és egységességéről, és szükség esetén be kell mutassa az illetékes laboratóriumok elemzéseit. Csak olyan nehéz adalékanyag használható, amely megfelel az alábbi alapvető feltételeknek (*DBV Merkblatt Strahlenschutzbeton*, 1996):

- Megfelel a szükséges szemcseösszetételnek, szem-testsűrűségnek, kristályvíz-tartalomnak és a kémiai összetételnek.
- A beton szilárdságát és tömörségét az adalékanyagok jellege nem veszélyezteti.
- Az adalékanyag tárolásából, valamint a beton keveréséből és feldolgozásából származó kopásnak csekélynek kell lennie.
- Az adalékanyag felületi minősége nem csökkentheti a tapadást a habarcsban vagy a betonban.
- Az adalékanyag nem tartalmazhat olyan összetevőt, amely károsítja a betont vagy megtámadja az acélt.

Lásd még: Nehézbeton, Sugárvédő beton

Nhézbeton

A nehézbeton testsűrűsége 28 napos korban, $60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszárított állapotban 2600 kg/m^3 -nél nagyobb, és nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C100/115 közötti. A nem szabványos HC betűjel alkalmazásával érzékeltethető lenne, hogy a beton nehézbeton: HC8/10 – HC100/115 (H $\rightarrow$ heavy = nehéz, angolul).

A kiszárított állapotú szilárd nehézbeton MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerinti testsűrűségi osztályai az MSZ EN 12390-7:2019 szabvány szerint vizsgált testsűrűség alapján az 1.5.N1. táblázatban láthatók.

1.5.N1. táblázat: A nehézbeton testsűrűségi osztályai az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint

Nehézbetonok testsűrűségi osztályai					
D2,6	D3,1	D3,6	D4,1	D4,6	D5,6
A kiszáritott állapotú szilárd nehézbeton testsűrűségének tartománya az MSZ EN 12390-7:2019 szerint vizsgálva, egyedi érték, kg/m ³					
> 2600 és ≤ 3100	> 3100 és ≤ 3600	> 3600 és ≤ 4100	> 4100 és ≤ 4600	> 4600 és ≤ 5600	> 5600 és ≤ 6600
Megjegyzés: A megszilárdult nehézbeton testsűrűségének előírása a tervező, a nehézbeton összetételének megtervezése a betontechnológus feladata.					
Ajánlott nehéz adalékanyag (és testsűrűsége, kg/dm ³), például					
Barit (4,0-4,3), Ilmenit (4,55-4,65), Magnetit (4,65-4,8), Hematit (4,7-4,9)		Magnetit (4,65-4,8), Hematit (4,7-4,9), Ferroszilícium (5,8-6,2), Ferrofoszfor (6,0-6,2), Fe-granulátum ≤ 8 mm (6,8-7,5)		Fe-granulátum ≤ 8 mm (6,8-7,5), Fe-homok 0,2-3,0 mm (7,5-7,6)	
A nehézbeton legalább 3000 kg/m ³ testsűrűségű nehéz adalékanyaggal készül.					

Lásd még: Nehéz adalékanyag, Sugárvédő beton

Nem arányos nyúlás

Angolul: non proportional extension

Németül: Nichtproportionale Verlängerung

Az acélok, betonacélok, feszítőacélok, általában a fémek „nem arányos nyúlásán” a szóhasználatunk szerinti „maradó nyúlás” értendő. A „nem arányos nyúlást” „képlékeny nyúlásnak” is szokták nevezni. A kifejezés például az MSZ EN 10080:2005, a visszavont MSZ 105-1:1987 szabványban fordul elő.

Lásd például: Betonacél egyezményes folyáshatára

Nem arányos nyúlás legnagyobb terheléskor

Lásd: Maradó nyúlás legnagyobb terheléskor

Nem arányos próbatest

Az MSZ EN ISO 6892-1:2020 és a visszavont MSZ 105-1:1987 szabványok szerint a fémek, például acélok szakítóvizsgálati próbatestje „nem arányos”, ha annak eredeti (kezdeti) jeltávolsága az $L_{0;5d}$ jeltávolságnak nem az egészszámú többszöröse.

A „nem arányos próbatest” kifejezésnek semminemű kapcsolata sincs a „nem arányos nyúlás” (maradó nyúlás, képlékeny nyúlás) kifejezéssel.

Nemesítés, acél nemesítése

Angolul: Steel quenching and tempering

Németül: Vergüten

A nemesítés az edzés (németül: Härten) és a megeresztés (németül: Anlassen) együttes folyamatának megnevezése.

A régi MOSz 106:1933 szabvány szerint a kovácsolt vagy hengerelt folytacél nemesítése edzéssel és az utána következő, legfeljebb az alsó kritikus hőmérsékletet meg nem haladó megeresztéssel végzendő. A nemesítéssel emelkedik a vas kohéziója, folyáshatára, szívóssága

és fajlagos ütőmunkája, a vas szerkezete finom-szemcséssé válik. A nemesítés eredménye a darab vastagságától függ. A 40 mm-nél vastagabb ötvözetlen acélt nem lehet magig átnemesíteni; ezért a vastag nemesítendő darabokat ötvözött acélból kell készíteni, mert ezek a szemcsék kis átalakulási sebessége folytán jobban átédződnek. A bonyolult alakú darabok az edzés során könnyen repednek.

Lásd még: Acélgyártás, Edzés, Megeresztés, Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Nemfémek

A nemfémek csoportjába a nemesgázokon kívül a periódusos rendszer 1. csoportjában (oszlopában, a régi jelölés szerinti I. főcsoportjában) és 14.-17. oszlopában (IV.-VII. főcsoportjában) található

- gáznemű hidrogén (H, az 1. oszlopban), nitrogén (N), oxigén (O), fluor (F), klór (Cl);
- folyékony bróm (Br);
- szilárd szén (C), foszfor (P), kén (S), szelén (Se) és jód (I)

tartozik. A nemfémeket az erős ionizálódási hajlam és az jellemzi, hogy sokkal nagyobb erővel szereznek külső elektront (vegyértékelektron) más atomokból, mint ahogy külső, vegyértékelektron más atomoknak átadnának.

A nemfémek, vagy nem fémes elemek, más néven savképző elemek ionos állapotban negatív kémhatásúak, mert vegyületeik elektrolízisekor, a pozitív sarokhoz vándorolnak. Például a szénion jelölése: C^{4-} .

A nemfémek hidrogén felvételével savvá válnak. Például: $Cl^- + H_3O^+ \rightleftharpoons HCl + H_2O$.

A nemfémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással savvá válnak. Például: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$. Ezzel szemben a fémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással bázissá válnak. (Kenkler, 1980).

Lásd még: Félfémek, Vegyértékelektron

Nemzeti szabvány

Lásd: Magyar nemzeti szabvány, Szabvány jellege

Nemzetközi szabvány

Lásd: Szabvány jellege

Neoprén

Külső behatásoknak szívósan ellenálló, kaucsukszerű műanyag.

Neutronsugárzás

A neutron név a latin eredetű neutrális (semleges) szóból ered.

A neutronok az atommagban a protonok mellett található – a hidrogén kivételével, amely csak egy protonból és egy elektrontól áll –, töltés nélküli részecskék. A neutronsugárzás során egy vagy több neutron kilöködik, kilép az atommagból. A neutronnak semlegessége folytán nincs elektromágneses hatása, ezért áthatol a legtöbb anyagon. (<http://www.vilaglex.hu/Lexikon>)

A neutronsugárzás elleni védelemmel az MSZ 62-3:2017 szabvány foglalkozik. E szabványban írják, hogy a neutronnak különböző anyagokkal való kölcsönhatásai nagyon eltérőek, s emellett sok másodlagos részecske (főként gamma-részecske) is keletkezik, tovább nehezítve, hogy egy egyszerű képlettel, közelítéssel le tudjuk írni a neutronok keltette sugárzási tér alakulását egy sugárvédelmi szerkezet esetében.

A neutron sugárzás alkalmazása széleskörű. Így említendő: az energiatermelés (atomerőmű), izotópgyártás (orvosi diagnosztikai és terápiás célú radioaktív izotópok), a roncsolásmentes anyagvizsgálatok, valamint az anyag összetételét vizsgáló módszerek (neutron-aktivációs

analízis), (http://tdk.dote.hu/20092010helyi_e2_1_4). A Magyarországon általában előforduló neutronforrások: a radioaktív neutronforrások (például az alfa-, neutron-magreakción alapuló források), a kaliforniumforrások (a kalifornium vegyjele: Cf, rendszáma: 98), a részecskegyorsítók, a neutrongenerátorok, az atomreaktorok (MSZ 62-3:2017).

A visszavont MSZ 62:1978 szabvány szerint a radioaktív izotópok alfa- vagy gamma-sugárzásával, valamint a spontán meghasadással keltett neutronsugárzások energiája a 15 MeV alatti energiatartományba esik. A neutronforrások árnyékolására leggyakrabban paraffin, víz vagy beton szolgál. A neutronvédelem mellett természetesen gondoskodni kell a gamma-sugárzást kibocsátó izotópok esetében a gamma-sugárzás elleni védelemről is.

A neutronadszorpció (megkötés, elnyelés) javítása érdekében a sugárvédő betonok készítéséhez kötött vizet tartalmazó adalékanyagok, mint például limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + n \cdot \text{H}_2\text{O}$, barnavasérc), szerpentin ($\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_8$), goethit (FeOOH , vashidroxid, bársonyvasérc, tűzvasérc), bauxit vagy bórtartalmú anyagok használhatók. (Grübl et al., 2001)

A sugárvédelem kiépítése során a neutronokat „lassítani” kell, aminek alapja az, hogy a szinte teljesen azonos tömegű protonnal való ütközéskor az átadott energia nagy. Ezért használnak fel a neutronlassításra sok hidrogént tartalmazó anyagot, például vizet, parafint és hidrátbetont, illetve nehéz hidrátbetont. A nehéz hidrátbeton alkalmazását az indokolja, hogy a legtöbb esetben a neutronsugárzási tér kevert, azaz a neutronsugárzás mellett más, leggyakrabban gamma-sugárzás is fellép. A neutron semleges részecske, amely önmagában nem ionizál¹³², ezért a neutronsugárzásnak önmagában tulajdonképpen nincs élettani hatása, nem úgy, mint a vele együtt fellépő gamma-sugárzásnak, amely ellen csak vastagabb ólomfallal vagy azt helyettesítő nagy atomtömegű és nagy testsűrűségű anyaggal (például sugárvédő nehézbetonnal) lehet védekezni. (http://tdk.dote.hu/20092010helyi_e2_1_4), (<https://oktatok.reak.bme.hu/farkas>), (Balázs, 2010)

Springenschmid (2007) szerint neutronsugárzás ellen a cementkőben vagy az adalékanyagban kötött víz is védelmet nyújt. A cementkő fizikailag kötött víztartalma mintegy 20-25%, és még 30 kg/m³ úgy nevezett maradék nedvesség-tartalommal (németül: Restfeuchte) is számolni lehet. Minthogy azonban a fizikailag kötött víz 100 °C üzemi hőmérséklet felett távozik a cementkőből, különösen előnyös a nagy kristályvíz-tartalmú adalékanyag, mint például a limonit vagy a szerpentin alkalmazása.

A mintegy 1×10^{19} n/cm²-nél nagyobb fluenciájú¹³³ neutronsugárzás (n = neutronok száma) a beton mechanikai tulajdonságainak romlásához vezet. Ez különösen a beton nyomó- és húzószilárdságát, valamint a rugalmassági moduluszt érinti. A hőtágulási együtthatót és a hővezető képességet a neutronsugárzás nem befolyásolja jelentősen, legalábbis 5×10^{19} n/cm² fluenciáig. (Grübl et al., 2001)

Lásd még: Gamma-sugárzás, Hidrátbeton, Ionizáló sugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Sugárzás

Névleges arányossági határ

Lásd: Arányossági határ

¹³² Ionizációnak nevezzük azt a folyamatot, amikor egy atomból vagy molekulából elektromos töltéssel rendelkező ion keletkezik elektromosan töltött részecskék (elektronok vagy ionok) hozzáadásával vagy elvételével (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Ionizáció>). Az ionizáló sugárzás elleni védelem általános előírásai a visszavont MSZ 62-1:1989 szabványban találhatók.

¹³³ A *fluencia* az időben állandó neutrontér esetén az adott idő alatt bekövetkező atomkimozdulások relatív száma.

Névleges folyáshatár

Névleges folyáshatár

- angolul: Proof strength at total extension (visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020)
- németül: Dehngrenze bei gesamter Dehnung (DIN 488-1:2009, DIN EN ISO 6892-1:2017)

Teljes nyúlás

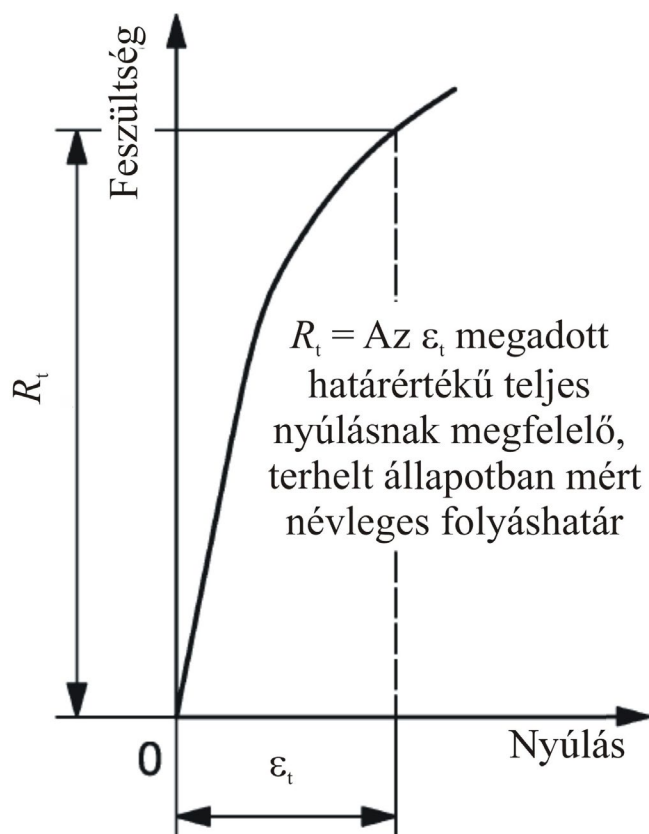
- angolul: Total extension (névleges folyáshatár, MSZ EN 10027-1:2017)
- németül: Gesamte Dehnung

Határozott folyáshatár nélkül

- angolul: Without discontinuous yielding
- németül: Ohne Streckgrenze, Nicht ausgeprägte Fließgrenze (*Siebel* szerk., 2. kötet, 1955)

A névleges folyáshatár a határozott folyáshatár nélküli fémeknek – többek között a hidegen alakított betonacéloknak és a feszítőacéloknak – az a terhelt állapotban mért R_t feszültsége, amelynél a teljes (rugalmas és maradó) nyúlás megegyezik az eredeti jeltávolság (L_0) százalékában megadott határértékkel. A teljes nyúlás megadott határértékét – például: $\varepsilon_t = 1,0\%$ – a névleges folyáshatár jelének indexében fel kell tüntetni, például: $R_{t1,0}$.

A terhelt próbatestek névleges folyáshatárát szerkesztéssel úgy határozzuk meg, hogy a teljes nyúlás megadott határértékének a σ - ε húzószilárdság diagram vízszintes tengelyén lévő pontjából (például: $\varepsilon_t = 1,0\%$) párhuzamost húzunk a függőleges tengellyel. A megadott határértékű teljes nyúlásnak megfelelő, terhelt állapotban mért névleges folyáshatárt a koordináta-rendszer függőleges tengelyével párhuzamos egyenes és a σ - ε húzószilárdság diagram metszéspontja adja meg (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892:2020), (1.5.N2. ábra).

**1.5.N2. ábra:**

A határozott folyáshatár nélküli fémek *terhelt állapotban*, például az MSZ EN ISO 6892-1:2020 szabvány szerint mért névleges folyáshatárának (R_t) értelmezése

Megjegyzés: Az MSZ EN 1992-1-1:2010 és az MSZ EN 1992-2:2009 Eurocode 2 tervezési szabvány magyar nyelvű változatában

- a feszítőacél 0,1% maradó nyúláshoz tartozó egyezményes folyáshatárát ($f_{p0,1}$), valamint annak jellemző értékét ($f_{p0,1k}$) és
- a betonacél 0,2% maradó nyúláshoz tartozó egyezményes folyáshatárának jellemző értékét ($f_{0,2k}$)

„maradó nyúláshoz tartozó *névleges* folyáshatár”-nak, illetve a „maradó nyúláshoz tartozó *névleges* folyáshatár jellemző értéke”-nek (ott karakterisztikus értéke) fordították. Értelmezésünk szerint az $f_{p0,1}$ ($= R_{p0,1}$), illetve $f_{p0,1k}$ ($= R_{p0,1k}$) és $f_{0,2k}$ ($= R_{0,2k}$) jelek valójában a terhelés alatt lévő próbatestnek a maradó nyúláshoz tartozó egyezményes folyáshatárát, illetve annak jellemző értékét jelölik (lásd például az MSZ EN ISO 6892-1:2020, az MSZ EN ISO 15630-1:2020, az MSZ EN ISO 15630-3:2020, az MSZ EN 10080:2005 szabványt). *A névleges folyáshatár a teljes nyúláshoz, és nem a maradó nyúláshoz tartozik.*

Jele: R_t (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001, MSZ EN ISO 6892-1:2020, MSZ 5720:1993)

A betonacélok és feszítőacélok (esetenként fémek) nyúlási és szilárdsági tulajdonságainak különböző szabványos jeleit *könyvünk 1.4.1. táblázatában* tekintettük át.

Összefoglalva, az R_t meghatározása: A húzóerővel terhelt, határozott folyáshatár nélküli fémpróbatetek megadott határértékű teljes nyúlásához (például: $\varepsilon_t = 1,0\%$) rendelt névleges folyáshatár előírt jellemző értéke (például: $R_t = 1440 \text{ N/mm}^2$), amelynél a névleges folyáshatár tapasztalati jellemző értéke ($R_{tk, \text{test}}$) kisebb ne legyen ($R_t = C_v = R_{tk} \leq R_{tk, \text{test}} = R_{tm, \text{test}} - k \times s$, ahol: $C_v \rightarrow$ characteristic value = jellemző érték, $R_{tm, \text{test}}$ = névleges folyáshatár tapasztalati átlagértéke, k = alulmaradási tényező, s = tapasztalati szórás).

Lásd még: Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában

Névleges rugalmassági határ

Lásd: Rugalmassági határ

Newton-féle törvények, Newton-féle axiómák (Somogyi B.-né szerk., 1976)

Newton I. törvénye (a tehetetlenség törvény; 1. *Newton-féle axióma*): Miden test megmarad nyugalmi állapotában vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásában, amíg a rá ható erők következtében nem kényszerül állapotának megváltoztatására.

Newton II. törvénye (a dinamika alaptörvénye; 2. *Newton-féle axióma*): Egy test tömegének és gyorsulásának szorzata a testre ható erővel egyenlő.

Newton III. törvénye (a kölcsönhatás törvénye; 3. *Newton-féle axióma*): Ha egy test erőhatást fejt ki egy másik testre, akkor ez utóbbi ugyanakkora, de ellentétes irányú erővel hat az előbbire (akció-reakció, hatás-ellenhatás).

Newton IV. törvénye (az erőhatások függetlenségének vagy a szuperpozíció elve; 4. *Newton-féle axióma*): Ha egy testre egy időpillanatban több erő hat, akkor ezek együttes hatása megegyezik a vektori eredőjük hatásának vonalával. A 4. axióma nem *Newtontól* származik, azt eredetileg *Simon Stevin*¹³⁴ fogalmazta meg.

(https://hu.wikipedia.org/wiki/Newton_törvényei)

Lásd még: Mechanikai tulajdonságok

¹³⁴ *Simon Stevin* vagy *Stevinus* (1548/1549, Brugge – 1620, Leiden vagy Hága) holland-flamand matematikus, fizikus és katonai mérnök. Számos tudományos munkája jelent meg. Nevét Brugge-ben egy tér, a Holdon egy kráter, és a 2831. számú kisbolygó viseli. (https://de.wikipedia.org/wiki/Simon_Stevin).

Nitrát-nitrogén

Nitrátion (NO_3^-)-tartalomból meghatározott nitrogén (N)-tartalom (*Kjeldahl*, 1883), (*Hatos*, 1959). Jelölése: $\text{NO}_3\text{-N}$.

Lásd még: Ammónium-nitrogén

Nitrit-nitrogén

Nitrition (NO_2^-)-tartalomból meghatározott nitrogén (N)-tartalom (*Kjeldahl*, 1883), (*Hatos*, 1959). Jelölése: $\text{NO}_2\text{-N}$.

Lásd még: Ammónium-nitrogén

Nitrifikáció

Oxigén jelenlétében, lúgos környezetben ($\text{pH} > 6,5$) végbemenő kémiai folyamat, amelynek során például a szennyvízben lévő nitrifikáló baktériumok (nitrifizierende Bakterien, Nitrifikanten) a szennyvíz ammóniatartalmát (ammónium-hidroxid, NH_3 , vízben ammóniumion, NH_4^+) először nitritionná (NO_2^-), majd nitrátionná (NO_3^-) oxidálják, miközben H^+ hidrogénionok válnak szabaddá.

Lásd még: Denitrifikáció

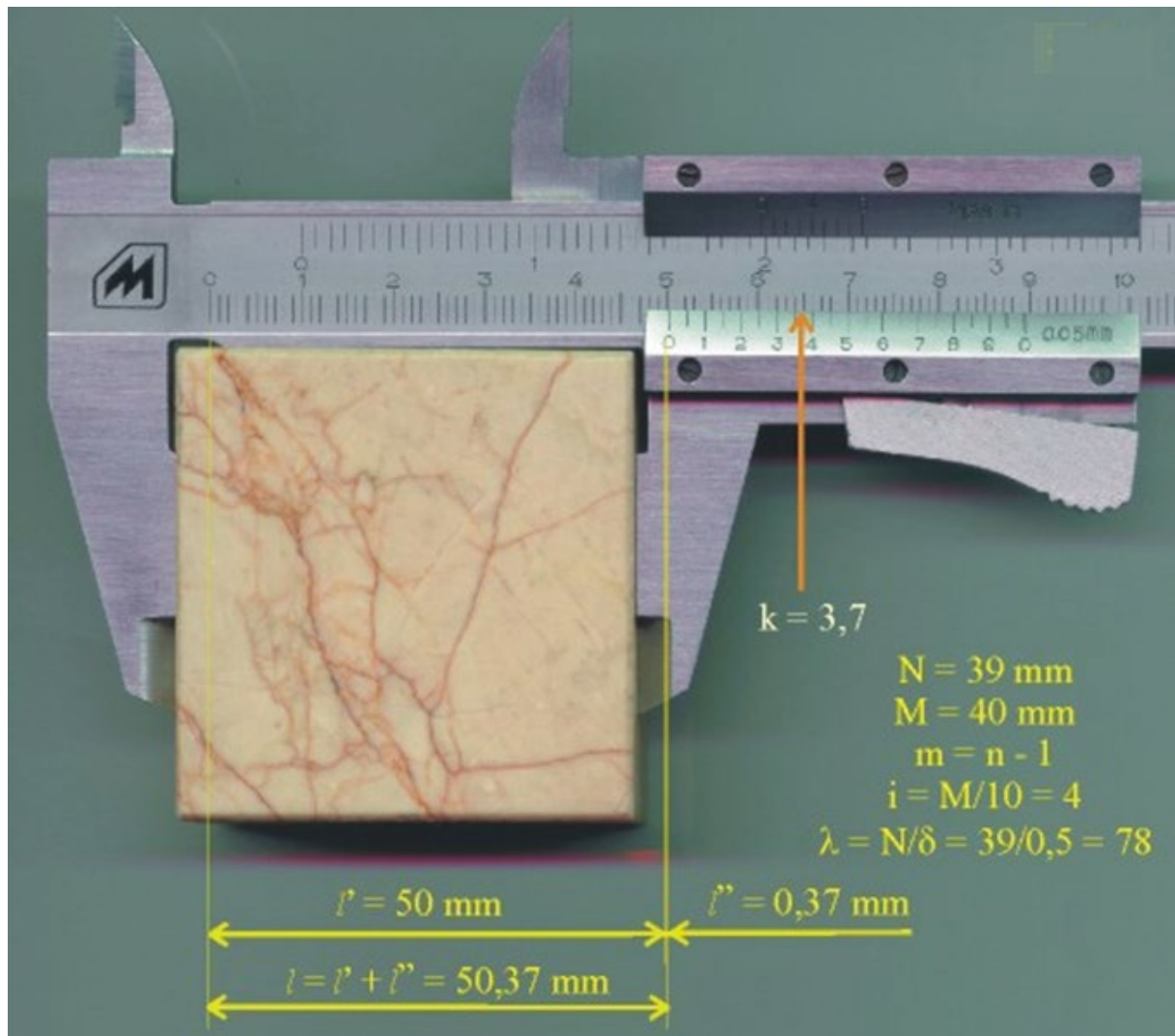
Nitrogénbaktériumok

Lásd még: Denitrifikáció, Nitrifikáció

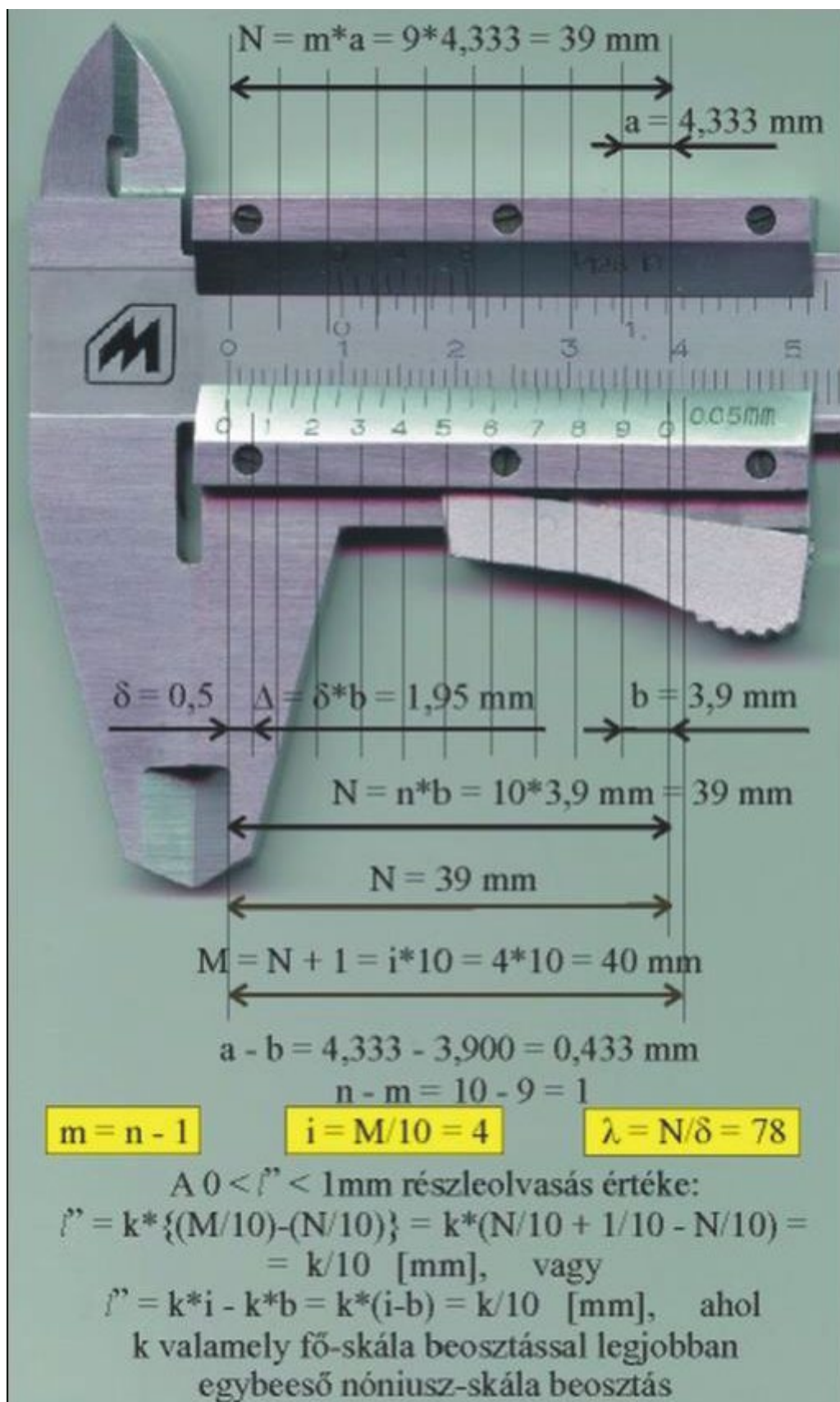
Nóniusz-skála

A nóniusz-skála az ezzel ellátott tolómércék mellék-skálája, amelynek segítségével a hosszúság század milliméter pontossággal mérhető (1.5.N3. és 1.5.N4. ábra).

A nóniusz-skála a nevét *Pedro Nunez* (1492-1577) portugál matematikustól kapta, alkalmazásának első leírása *Pierre Vernier* (1580-1637) francia matematikus 1631-ben kiadott munkájában található.



1.5.N3. ábra: A *Nóniusz*-skála alkalmazásának elve
 (<http://www.betonopus.hu/notesz/noniusz/noniusz.pdf>)



1.5.N4. ábra: A Nóniusz-skála alkalmazásának elve
 (<http://www.betonopus.hu/notesz/noniusz/noniusz.pdf>)

Normálás

A normálás az a matematikai művelet, amelynek során valamely vizsgált halmaz elemeinek (független változó) a mennyiségét (függő változó) a vizsgált halmaz mennyiségére (a halmazelemek mennyiségének összegére) vonatkoztatjuk, más szóval: meghatározzuk az egységnyi mennyiségű halmaz elemeinek a részmennyiségét.

Normálás például a szemmegoszlás vizsgálat esetén az egyes szitákon és az alsó tálcán fennmaradt anyag tömegét a vizsgált minta tömegével (az egyes szitákon és az alsó tálcán fennmaradt anyag tömegének összegével) elosztva a részhalmazok tömegarányának kiszámítása; vagy szilárdság vizsgálat esetén a szilárdságértékek előfordulásának gyakoriságát a szilárdságértékek darabszámával (mintaszámmal) elosztva a relatív gyakoriságok meghatározása.

Normált a vizsgált halmaz (minta), ha elemei előfordulásának a gyakoriságát (például tömegét, darabszámát stb.) a minta mennyiségével (például a tömegével, a mintaelemszámmal stb.) elosztva fejezzük ki.

A normált valószínűségi függvény a normált minta elemeinek a valószínűségi függvénye. Más szóval a relatív gyakoriságfüggvény (sűrűségfüggvény) az eredeti gyakoriságfüggvény normált formája, és az eloszlásfüggvény (elhagyva a relatív jelzőt) a relatív gyakoriságfüggvény (sűrűségfüggvény) származéka (kumulált függvénye).

A normálás nem tévesztendő össze a normalizálással, a standardizálással vagy a kumulálással. Lásd még: Normalizálás, Standardizálás, Kumulálás

Normálegyenlet

Lásd: Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

Normáleloszlás

Lásd: Normális-eloszlás

Normális-eloszlás, Normáleloszlás, Gauss-eloszlás, Gauss-féle valószínűségi eloszlás

A normális valószínűségi eloszlást szokták röviden normáleloszlásnak, *Gauss*¹³⁵-eloszlásnak is nevezni. Alkalmazásának előnye szimmetrikus voltában és abban rejlik, hogy a *Gauss*

¹³⁵ Carl Friedrich Gauss vagy Gauß (1777, Braunschweig – 1855, Göttingen) német matematikus, fizikus, csillagász, geodéta, számos tétel megalkotója. Tevékenysége nagymértékben hozzájárult a számelmélet, az analízis, a differenciálgeometria, a geodézia, a mágnesesség, az asztronómia, az optika fejlődéséhez. Gauss főműve „Disquisitiones Arithmeticae” (Számelméleti vizsgálódások) címmel 1801-ben jelent meg. A normális valószínűségi eloszlást az 1820-as években dolgozta ki. Nevéhez fűződik az abszolút fizikai mértékrendszer kidolgozása is (1832), amelyet az alapegységek kezdőbetűi után cgs-mértékrendszernek nevezünk. Nagysága előtt tisztelegve a 2001-ig forgalomban volt német 10 márkás papírpénzt Gauss arcképével, a normális valószínűségi eloszlás görbéjével és függvényalakjával díszítették.



valószínűségi eloszlásfüggvényeinek megadásához elég a várható érték (m , $M(x)$) és a szórás (σ , s , $D(x)$) ismerete.

A Gauss-eloszlás azt fejezi ki, hogy az x valószínűségi változó normális-eloszlást követ, amely a következő sűrűségfüggvénnyel fejezhető ki (1.5.N5. ábra):

$$p'(x; M(x); D(x)) = f(x; M(x); D(x)) = \frac{1}{D(x) \times \sqrt{2 \times \pi}} \times e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(x-M(x))^2}{D(x)^2}}$$

ahol $M(x)$ az x valószínűségi változó várható értéke és $D(x)$ az x valószínűségi változó szórása (Hartung et al., 2009), (Mosostory, 2002), (Rényi, 1966), (Vincze E., 1972), (Vincze I., 1958), (Vincze I., 1968).

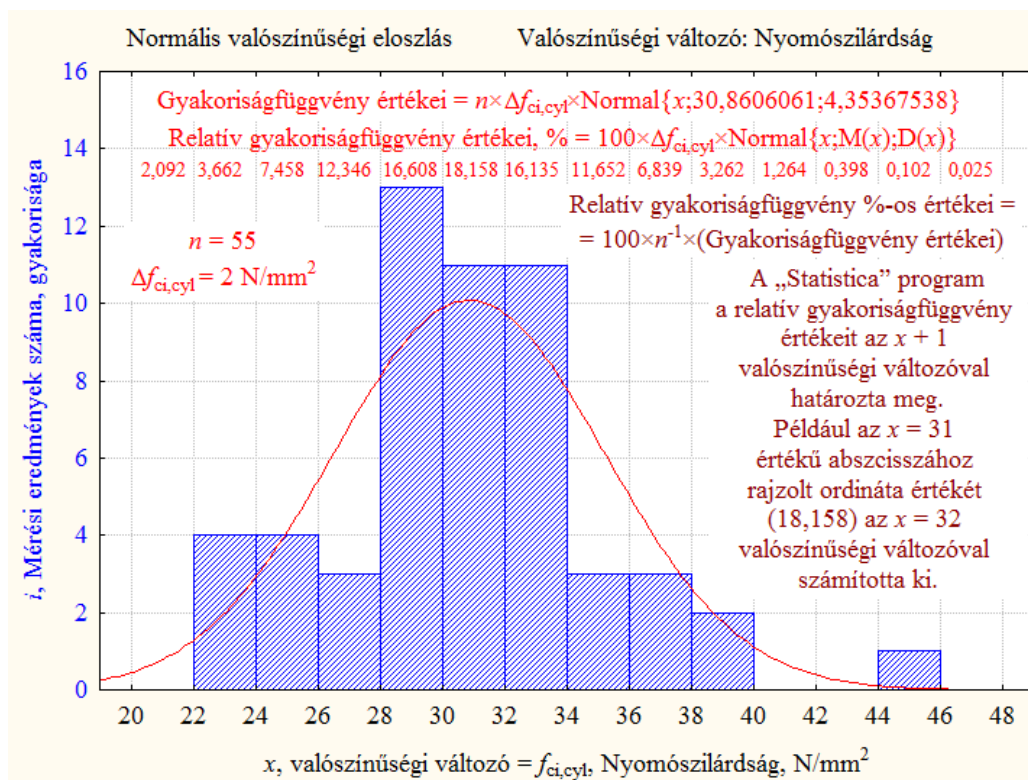
A Gauss-eloszlás sűrűségfüggvényének grafikonját alakja miatt haranggörbének is szokás nevezni.

A Gauss eloszlás sűrűségfüggvényének fontos tulajdonsága, hogy az $(M(x) - u \times D(x)) - (M(x) + u \times D(x))$ közötti intervallum – ahol u az alulmaradási tényező és $u \times D(x)$ az alulmaradási távolság – a sűrűségfüggvény adott nagyságú görbe-alatti részterületét jelöli ki (1.5.N5. ábra).

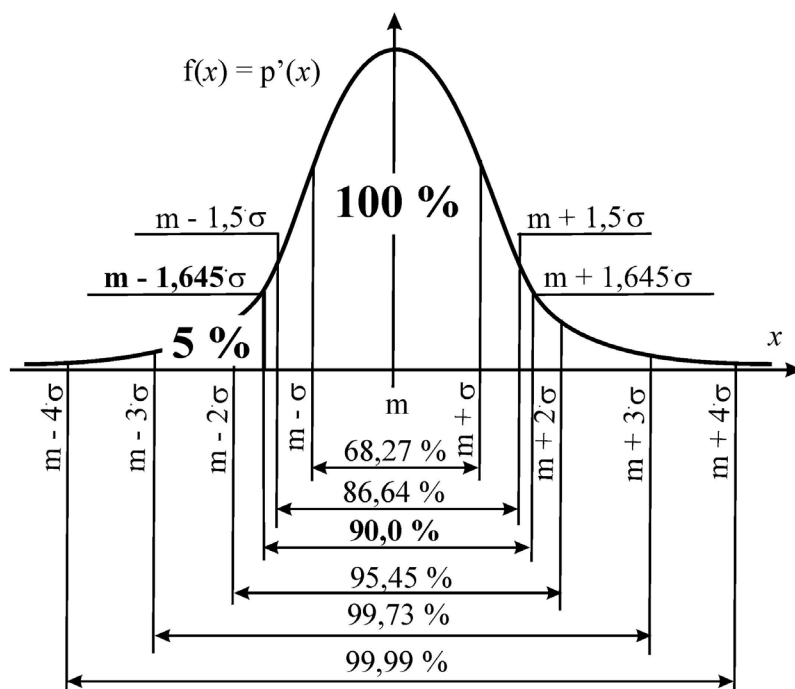
A $D(x) = \sigma$ szórás $u = 1,645$ -szeresét az $M(x) = m$ várható értékből levonva az 5%-os alsó „küszöbértéket” („jellemző értéket”, „karakterisztikus értéket”) kapjuk meg, amelynél kisebb valószínűségi független változó értékek (x) előfordulásának valószínűsége 5% (1.5.N6. ábra).

A normális-eloszlású x valószínűségi változó eloszlásfüggvényének alakja a következő:

$$p(x; M(x); D(x)) = F(x; M(x); D(x)) = \frac{1}{D(x) \times \sqrt{2 \times \pi}} \times \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(x-M(x))^2}{D(x)^2}} dx$$

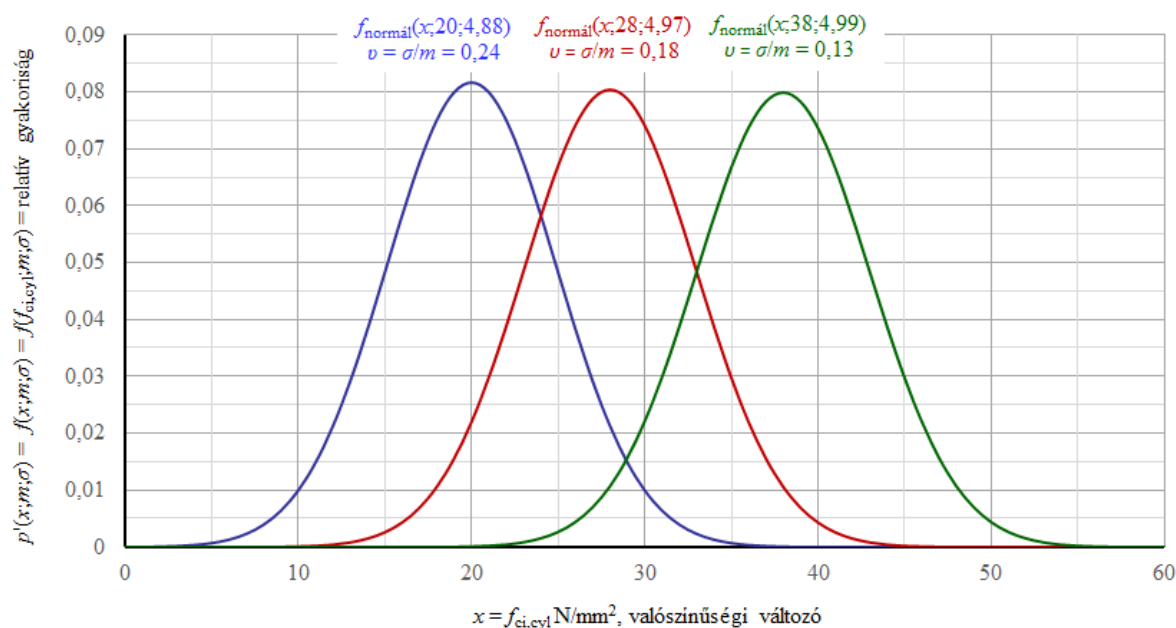


1.5.N5. ábra: Példa a Gauss-féle normális-eloszlás hisztogramra rajzolt gyakoriság-, illetve relatív gyakoriságfüggvényére (sűrűségfüggvényére)

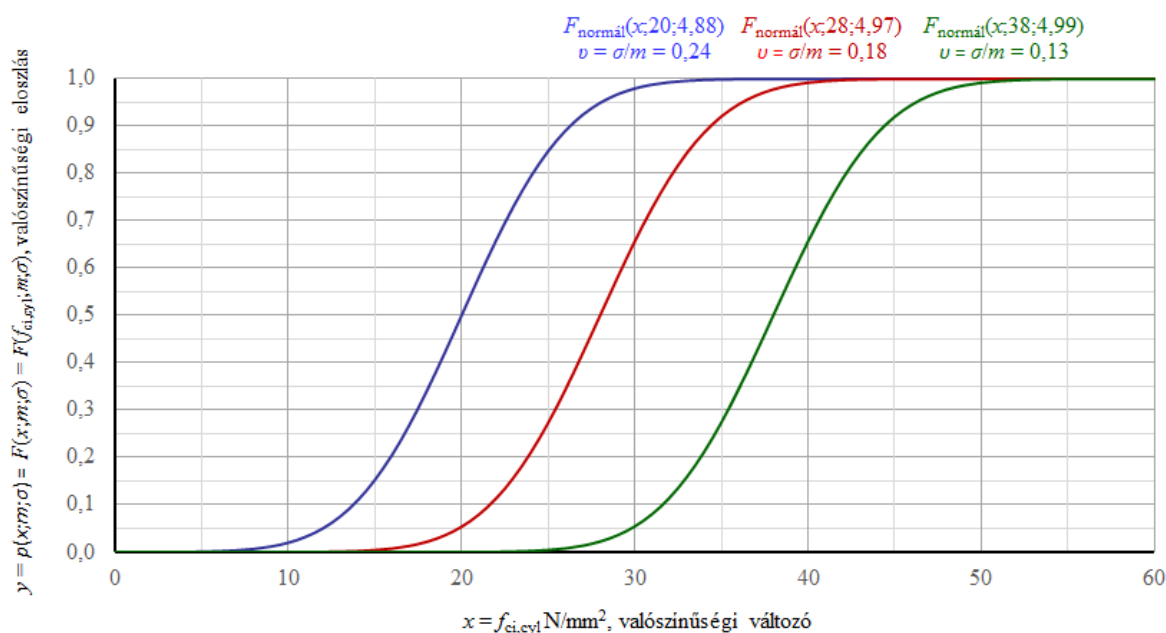


1.5.N6. ábra:
Összefüggés az $u \times \sigma$ alulmaradási tágasság és a Gauss-féle haranggörbe alatti terület nagysága között, $n = \infty$ esetén

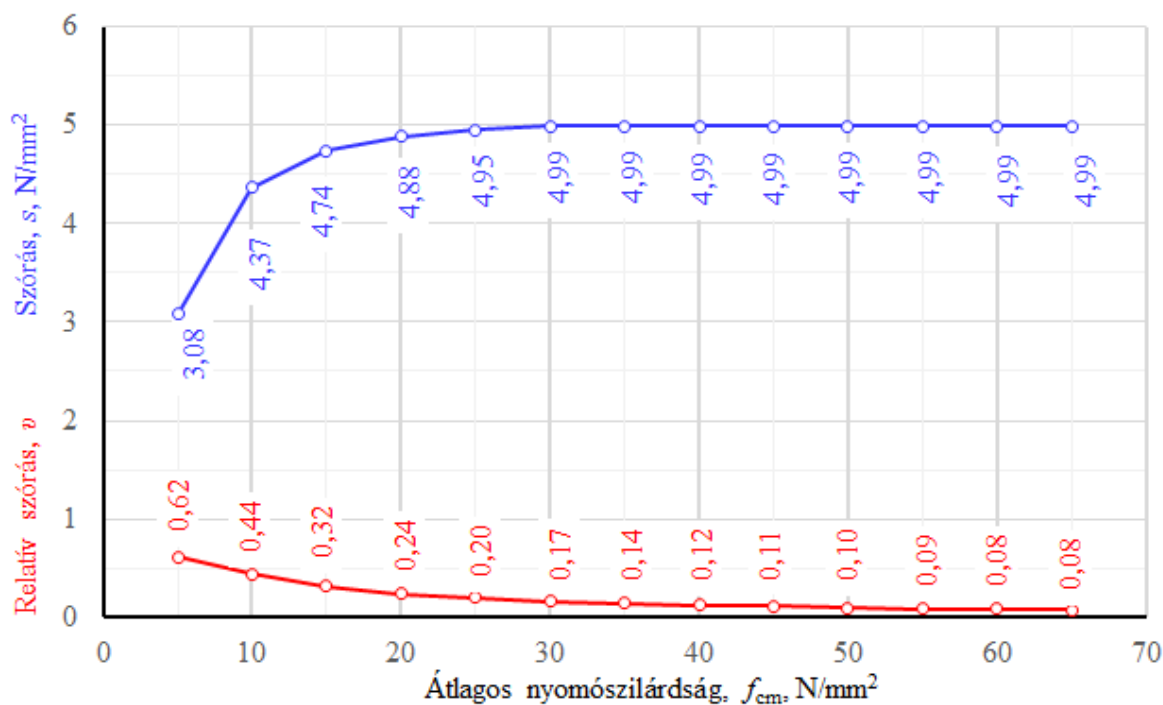
Az 1.5.N7. ábrán olyan normális-eloszlású sűrűségfüggvények, az 1.5.N8. ábrán pedig ezen eloszlások eloszlásfüggvényei láthatók, amelyek $D(x) = \sigma$ szórása és a V_x relatív szórása megfelel az 1.5.N8. ábra szerinti $f(f_{cm})$ Rüsche-féle összefüggésnek



1.5.N7. ábra: Példa a beton nyomószilárdsága normális vagy Gauss-eloszlásának sűrűségfüggvényére. Az ábrán szereplő sűrűségfüggvények $D(x) = \sigma$ szórása és a V_x relatív szórása megfelel az 1.5.N8. ábra szerinti $f(f_{cm})$ Rüsche-féle összefüggésnek.



1.5.N8. ábra: Példa a beton nyomószilárdságának normális vagy *Gauss*-eloszlás eloszlásfüggvényére. A $D(x)$ szórás és a V_x relatív szórás megfelel az 1.5.N9. ábra szerinti $f(f_{cm})$ *Rüsch*-féle összefüggésnek



1.5.N9. ábra: Az építéshelyi betonok nyomószilárdságának s szórása és V_x relatív szórása a beton f_{cm} átlagos nyomószilárdsága függvényében *Rüsch* és szerzőtársai (1969) után

L. Fischer (1995) szerint a normális-eloszlás $V_x = 0,2$ relatív szórásig hűen leírja a nyomószilárdság vizsgálati eredmények eloszlását, ennél nagyobb relatív szórás esetén azonban a logaritmikusan normális-eloszlás alkalmazása javasolt. *Rüsch* és szerzőtársai (1969) szerint az $f_{cm} = 25 \text{ N/mm}^2$ értéknél kisebb átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdságának relatív szórása nagyobb, mint $V_x = 0,2$ (1.5.N9. ábra).

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode méretezési szabványban a megbízhatósági index meghatározásakor az önsúlyt általában normális-eloszlásúnak tekintették. E szabványban az

esetleges hatás kombinációs értékét megadó együttható értékét egyebek mellett normális-eloszlással is közelítik. Az MSZ EN 1990:2011 szabvány szerint a tervezést segítő kísérletek szilárdsági eredményei normális- vagy lognormális-eloszlás feltételezésével értékelhetők.

Lásd még: Normális valószínűségi eloszlás, Logaritmikusan normális-eloszlás

Normális-eloszlású valószínűségi változók eloszlásfüggvénye

A matematikai statisztikában gyakran feltételezik, hogy a valószínűségi változó normális-eloszlású, és ezt a feltevést normalitásvizsgálattal ellenőrzik.

Normális-eloszlású például az ezen az alapon kapcsolatrendszert alkotó, és a normális-eloszlásra visszavezethető folyamatos t -eloszlásnak (*Student*-eloszlásnak), a χ^2 -eloszlásnak, az F -eloszlásnak, a diszkrét binomiális eloszlásnak, a *Poisson*-eloszlásnak a valószínűségi változója.

A „normális-eloszlású valószínűségi változók” kifejezés németül: „Standardnormalverteilte Zufallsvariablen”. (*Stange et al.*, 1966), (*Hartung et al.*, 2009)

Normalitásvizsgálat

Lásd: Normális-eloszlású valószínűségi változók eloszlásfüggvénye

Normalizálás, acél normalizálása

A normalizálás a szerkezeti acélok egyik leggyakrabban alkalmazott hőkezelése. A mechanikai tulajdonságokat azáltal javítja, hogy finomszemcsés ausztenitből finomszemcsés perlitet hoz létre. A normalizálás A_3 határállapothoz tartozó hőmérséklet (912 °C), illetve A_1 hőmérséklet (727 °C) fölött 20–50 °C-kal történő izzításból és levegőn való lehűtésből áll. (*Seidel et al.*, 2018), (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Acél>)

A régi MOSz 106:1933 szabvány szerint a normalizálás úgy végzendő, hogy a kovácsolt vagy hengerelt folytacélt a felső kritikus pontnál néhány fokkal nagyobb hőfokra kell egyenletesen felhevíteni, és azután nyugodt levegőn lassan lehűteni. A normalizálás a megelőző melegkezelés minden befolyását eltünteti.

Lásd még: Acélgégyártás, Edzés

Normalizálás, függvény normalizálása

A „normalizálás” a „standardizálás” szinonimája, a „normalizált” a „standardizált” szinonimája. Ugyanakkor a „normalizálás” nem tévesztendő össze a „normálással”, a „normalizált függvény” nem tévesztendő össze a „normált függvénnyel”, a „függvénynek a normalizálása” nem tévesztendő össze a „függvénynek a normálásával”.

Lásd még: Normálás, Standardizálás, Transzformáció

Normálpotenciál

Lásd: Redoxi potenciál

NPK-Beton

Az NPK-Beton (németül: Normenpositionenkatalog-Betone) voltaképpen a legegyszerűbb kombinált környezeti osztályú betonok (németül: Einheitsbeton) svájci követelmény táblázata, amelynek alkalmazását pályázatok és megrendelések készítéséhez ajánlják. Az ajánlás szerint az A-C jelű NPK-betonokkal a legtöbb a magasépítési, a D-G jelű NPK-betonokkal a legtöbb mélyépítési betonozási munka kiírható, mert azok a legfontosabb környezeti osztály-kombinációkat lefedik (*1.5.N2. táblázat*).

1.5.N2. táblázat: Svájci kombinált környezeti osztályú betonok (németül: Einheitsbeton) követelménye a Holcim Werk Cham 2020. évi termékismertetőjében (Forrás: <https://www.holcimpartner.ch/api/holcimpartnernet/>)

	NPK-beton	Környezeti osztály	Nyomószilárdsági osztály, legalább	Víz-kötőanyag tényező, legfeljebb	Cement-tartalom, kg/m ³ , legalább
Magasépítés	A	XC1, XC2	C20/25	0,65	280
	B	XC3	C25/30	0,60	280
	C	XC4, XF1	C30/37	0,50	300
Mélyépítés	D	XC4, XD1*, XF2, XF3	C25/30	0,50	300
	E	XC4, XD1*, XF4	C25/30	0,50	300
	F	XC4, XD3**, XF2	C30/37	0,45	320
	G	XC4, XD3**, XF4	C30/37	0,45	320
Megjegyzés: * Svájcban: XD2a(CH) ** Svájcban: XD2b(CH) Lásd könyvünk 10.1. fejezetét.					

Az 1.5.N2. táblázatbeli nyomószilárdsági osztály szükség szerint növelhető és/vagy az adalékanyag legnagyobb szemnagysága, valamint a beton konzisztenciája megváltoztatható, írja a svájci termékismertető.

A svájci NPK-Beton táblázat hasonló a környezeti osztályok MSZ 4798:2016 szabványbeli társításához. Az MSZ 4798.2016 szabvány F mellékletének (23) szakasza szerint ugyanis: „Ha a betont többféle környezeti hatás éri, akkor e hatásokat a környezeti osztályok kombinációjaként kell kifejezni. Ebben az esetben olyan betont kell tervezni és készíteni, amelynek összetétele és tulajdonságai a szóban forgó, társított környezeti osztályok mindegyikének követelményét kielégíti.”

Nyersvas

Angolul: Crude-iron,

Németül: Roheisen

A nyersvas 2,06-6,67% széntartalmú vas-szén ötvözet, amely a közvetett kohászati eljárások köztes terméke. Három fajtája van a széntartalom és az ennek következtében történő lehűlés közbeni grafit kiválások függvényében: fehér, tarka és sötétszürke nyersvas. (Vidovszky, 2007)

Lásd még: Acélgyártás

Nyírási modulus, csúszási modulus

A nyírási modulus (G) a nyírófeszültség (τ) és a radiánban kifejezett fajlagos torzulási szögváltozás (γ) hányadosa ($G = \tau/\gamma$). A rugalmassági modulus (E) és a nyírási modulus (G) kapcsolata:

$$E = 2G \times (1 + m_\mu)$$

ahol: $m_\mu = \varepsilon_h/\varepsilon_k$ a Poisson-féle szám, a Poisson-féle tényező reciproka, a hosszirányú és a keresztirányú alakváltozás hányadosa.

A nyírási modulus (csúszási modulus) mértékegysége: N/mm^2 , illetve MPa

Megjegyzés: $1 \text{ radián} = 57^\circ 17' 44,6'' \sim 57,296^\circ$

Lásd még: Nyírófeszültség, *Poisson*-féle tényező, Radián

Nyírófeszültség, csúsztató feszültség

A nyíró igénybevétel által ébresztett feszültség, a vizsgált felület síkjába eső nyíróerő és a keresztmetszeti terület hányadosa. A nyírófeszültségnek (τ) és a fajlagos torzulási szögváltozás radiánban mért értékének (γ) hányadosa a nyírási modulus ($G = \tau/\gamma$). Jele: τ , mértékegysége: N/mm^2 , illetve MPa

Megjegyzés: $1 \text{ radián} = 57^\circ 17' 44,6'' \sim 57,296^\circ$

Lásd még: Nyírási modulus, Radián

Nyitott idő

Angolul: Open time

Németül: Offenzeit

A nyitott idő a ragasztó keverésének befejezése és az összeragasztandó felületek összeilleszthetősége között eltelt, megengedett idő. Az MSZ EN 12189:2000 szabvány szerint a megszilárdult betonfelületek (MSZ EN 1766:2017 szabvány szerint készített, $40 \times 40 \times 80 \text{ mm}$ méretű „félhasábok” $40 \times 40 \text{ mm}$ méretű felülete) összeragasztásához használt ragasztóanyag keverésének befejezése és a betonfelületek összeragasztása között eltelt időnek az a leghosszabb értéke, amely alatt a ragasztást elvégezve a későbbi időpontban (legalább 21 nap múlva) végzett harmad-pontos hajlító-húzószilárdság vizsgálat során nem a ragasztóréteg, hanem a beton megy tönkre.

Más szóval a nyitott idő az az idő, amely alatt a ragasztást el kell végezni ahhoz, hogy az megfelelő minőségű legyen. Ha a hajlító-vizsgálat során nem a beton törik el, hanem a két félhasáb válik el egymástól, azaz törés a ragasztási rétegben következik be, akkor – ha a ragasztó minősége egyébként megfelelő – a félhasábokat a nyitott időn túl ragasztották össze.

Lásd még: Fazékidő, edényidő.

Nyomóhatárfeszültség, nyomási határfeszültség

A nyomóhatárfeszültség vagy nyomási határfeszültség az anyag valószínű várható nyomószilárdságának (törőfeszültségének) legkisebb értéke. (*Palotás*, 1979. 1. kötet)

A nyomóhatárfeszültségek egykor volt nyomószilárdsági osztályokhoz tartozó szabványos értékeit a korabeli szabványok és szabályzatok – nem feltétlenül egyformán – tartalmazták. A beton egykor előírt nyomóhatárfeszültség-értékeire példák az *1.5.Ny1.* és *1.5.Ny2. táblázatban* találhatók.

1.5.Ny1. táblázat: A beton nyomási (nyomó-) minősítése értéke ($K_{\text{minősítési}}$) és nyomóhatárfeszültsége (σ_{bH}) egyes 1982 előtti, ma érvénytelen előírásokban

Nyomószilárdsági osztály									
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560
Nyomószilárdság átlagértéke, kp/cm^2 , K_m									
50	70	100	140	200	280	350	400	500	560
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 szabvány 2. - 4. táblázatában, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}} \sim K_m/\sqrt{2}$									
–	–	–	100	140	200	–	280	–	400
Beton nyomóhatárfeszültsége az MSZ 15022-1:1971 szabvány 4. táblázatában, kp/cm^2 , $\sigma_{\text{bH}} \sim K_{\text{minősítési}}/\sqrt{2} = K_m/2$									
–	–	–	70	100	140	–	200	–	280
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-3:1971 szabvány 3. táblázatában, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}}$									
35	50	70	100	140	–	–	–	–	–
Beton nyomóhatárfeszültsége az MSZ 15022-3:1971 szabvány 3. táblázatában, kp/cm^2 , σ_{bH}									
17	25	35	50	70	–	–	–	–	–
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 2. - 4. táblázatában, N/mm^2 , $K_{\text{minősítési}}$									
–	–	–	10,5	15	21	–	30	–	42
Beton nyomóhatárfeszültsége az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 4. táblázatában, N/mm^2 , σ_{bH}									
–	–	–	7	10	14	–	20	–	28
Beton nyomóhatárfeszültsége az 1956. évi Közüti Hídszabályzat F) és G) fejezetében, kp/cm^2 , σ_{bH}									
16	22	30	40	55	← Betonszerkezetek esetén				
Vasbeton szerkezetek esetén →			65	90	115	–	140	–	–
Beton nyomóhatárfeszültsége az 1967. évi Közüti Hídszabályzat H) és F) fejezetében, kp/cm^2 , σ_{bH} , σ_{H}									
–	–	30	40	55	← Betonszerkezetek esetén				
Vasbetonszerkezetek esetén →			60	80	110	–	160	–	–
Nyomószilárdsági osztály az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban									
–	–	B 100	B 140	B 220	B 300	–	B 400	–	B 600
Nyomószilárdság átlagértéke az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, kp/cm^2 , K_m									
–	–	100	140	220	300	–	400	–	600
Beton nyomóhatárfeszültsége az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 7. §-ában, kp/cm^2 , σ_{N}									
–	–	22	30	← Betonszerkezetek esetén					
Vasbetonszerkezetek esetén →				60	80	–	–	–	–
Nyomószilárdsági osztály az 1976. évi Vasúti Hídszabályzatban (Tervezet)									
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560
Nyomószilárdság átlagértéke az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat (Tervezet) III. fejezetének 1. füzetében, kp/cm^2 , K_m									
50	70	100	140	200	280	350	400	500	560

Az 1.5.Ny1. táblázat folytatódik

Az 1.5.Ny1. táblázat folytatása

Beton nyomóhatárfeszültsége az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat (Tervezet) III. fejezetének 1. füzetében, kp/cm^2 , σ_{bH}									
15	22	30	43	60	← Betonszerkezetek esetén				
Vasbeton szerkezetek esetén →			60	80	115	140	155	195	–

1.5.Ny2. táblázat: A beton nyomási (nyomó-) minősítése értéke és nyomóhatárfeszültsége (σ_{bH}) egyes 1982 utáni, visszavont szabványokban

Nyomószilárdsági osztály vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 2. – 4. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 2. és 5. táblázatában													
–	–	–	C 10	C 12	C 16	C 20	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50	C 55
Henger nyomószilárdságának minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 3. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 5. táblázatában, N/mm^2 , $R_{\text{k}\emptyset, \text{nom}}$													
–	–	–	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55
Beton nyomóhatárfeszültsége vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 4. táblázatában, N/mm^2 , σ_{bH}													
–	–	–	8	9	13	16	19	22	25	29	32	35	38
Beton nyomóhatárfeszültsége vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1986 szabvány 5. táblázatában, N/mm^2 , σ_{bH}													
–	–	–	7,5	9	11,5	14,5	17,5	20,5	23,5	26	29	32	35
Nyomószilárdsági osztály betonszerkezetek esetén az MSZ 15022-3:1986 szabvány 1. és 2. táblázatában													
C 4	C 6	C 8	C 10	C 12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Henger nyomószilárdságának minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) betonszerkezetek esetén az MSZ 15022-3:1986 szabvány 2. táblázatában, N/mm^2 , R_{bn}													
4	6	8	10	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Beton nyomóhatárfeszültsége betonszerkezetek esetén az MSZ 15022-3:1986 szabvány 2. táblázatában, N/mm^2 , σ_{bH} (az MSZ 15022-1:1986 szabványbeli érték $\gamma = 1,5$ biztonsági tényezővel osztott értéke)													
2	3	4	5	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–

A beton nyomóhatárfeszültségét a visszavont MSZ 15022-1:1971 és MSZ 15022-3:1971 szabványban és az 1976. évi Vasúti Hídszabályzatban – kp/cm^2 mértékegységben – a következő képletekkel állapították meg:

- MSZ 15022-1:1971 szabványban: $\sigma_{\text{bH}} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,25}$;
- MSZ 15022-3:1971 szabványban: $\sigma_{\text{bH}} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,80}$;
- MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabványban: $\sigma_{\text{bH}} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,35}$;
- a Vasúti Hídszabályzatban (1976) betonszerkezetek esetén: $\sigma_{\text{bH}} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{2,1}$;

- a Vasúti Hídszabályzatban (1976) vasbeton szerkezetek esetén: $\sigma_{bH} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,6}$,

a $v = 30$ cm-nél vékonyabb vasbeton szerkezet számításánál a beton határfeszültségét az

$$\alpha_1 = \frac{70 + v}{100}$$

tényezővel csökkenteni kell, ahol v a vasbeton szerkezet vastagsága cm-ben.

A számlálóban szereplő 0,9 értékű szorzó a hajlító-nyomószilárdság és a kockaszilárdság közötti átszámítási tényező, a nevezőben pedig a nyomószilárdság biztonsági tényezője szerepel.

Az 1970-es évek szabványaiban (például: MSZ 15022-1:1971) és szabályzataiban a $K_{\text{minősítési}}$ minősítési értéket $t = 2,0$ értékű alulmaradási tényezővel és $v = \frac{s}{K_m} = 0,15$ relatív szórással számították ki a K_m átlagértékből kp/cm² mértékegységben:

$$K_{\text{minősítési}} = K_m - t \times s = K_m - t \times v \times K_m = K_m \times (1 - 2 \times 0,15) = 0,7 \times K_m$$

A beton nyomóhatárfeszültségét – N/mm² mértékegységben – a következő képletekkel állapították meg:

- az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabványban:

$$\sigma_{bH} = \alpha \times \left(\frac{R_{k\emptyset, \text{nom}}}{1,2} \right)$$

ahol α hajlító-nyomószilárdságnak és a henger nyomószilárdságának az aránya, amelynek értéke $R_{k\emptyset, \text{nom}} \leq 20$ N/mm² esetén: $\alpha = 0,95$ és $R_{k\emptyset, \text{nom}} > 20$ N/mm² esetén:

$$\alpha = 0,75 + \frac{4}{R_{k\emptyset, \text{nom}}}$$

a nevezőben szereplő 1,2 érték pedig a nyomószilárdság biztonsági tényezője;

- az MSZ 15022-1:1986 szabványban:

$$\sigma_{bH} = \alpha \times \left(\frac{R_{\text{minősítési}}}{1,3} \right) = \left(0,75 + \frac{4}{R_{\text{minősítési}}} \right) \times \left(\frac{R_{\text{minősítési}}}{1,3} \right) = \frac{0,75 \times R_{\text{minősítési}} + 4}{1,3}$$

ahol α hajlító-nyomószilárdságnak és a henger nyomószilárdságnak az aránya, amelynek értéke legfeljebb 0,95; a nevezőben szereplő 1,3 érték pedig a nyomószilárdság biztonsági tényezője.

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa, 1980 előtt kp/cm², jele: σ_{bH}

Lásd még: Biztonsági tényező, Határfeszültség, Határigénybevétel, Húzóhatárfeszültség, Relatív szórás

Nyomószilárdság

Az a legnagyobb feszültség, amelynél a szabályos alakú próbatest a nyomószilárdság vizsgálat során tönkremegy. Mértékegysége: N/mm² vagy MPa, jele: f

Lásd még: Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

Nyomószilárdság azonosító vizsgálata

Független laboratórium vagy a megrendelő laboratóriuma által (többnyire a gyártó bevonásával, illetve tudtával), az átadás-átvétel folyamán végzett vizsgálat annak megállapítására, hogy a beton a gyártó által megadott nyomószilárdsági osztálynak megfelel-e. (MSZ EN 206:2013+A2:2021)

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdság azonosító vizsgálatát mind gyártásközi ellenőrzés tanúsításával, mind a gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített beton esetén

a szabvány O melléklete (nyomószilárdság megfelelése az átadás átvétel során) szerint kell végezni, de a *P* melléklete szerint, ha a nyomószilárdságot 50% elfogadási valószínűség mellett értékelik.

Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány (az EN 206-1:2000 európai szabvány osztrák nemzeti alkalmazási dokumentuma) B1. fejezetének első mondata szerint az azonosító vizsgálatot a megrendelő (általában a tervező, építtető, kivitelező) kezdeményezésére végzik, és annak nem szabad a gyártó elhatározásán múlnia.

Nyomószilárdság átlagértéke

Az egyedi nyomószilárdság vizsgálati eredmények számtani középértéke.

A beton legfontosabb és jól ellenőrizhető tulajdonsága általában a nyomószilárdság, és a beton szilárdság szerinti besorolása szempontjából a nyomószilárdsági osztály.

Mind a beton nyomószilárdságának követelménye és vizsgálata, mind a nyomószilárdsági osztály értelmezése a kezdetektől máig sokat változott.

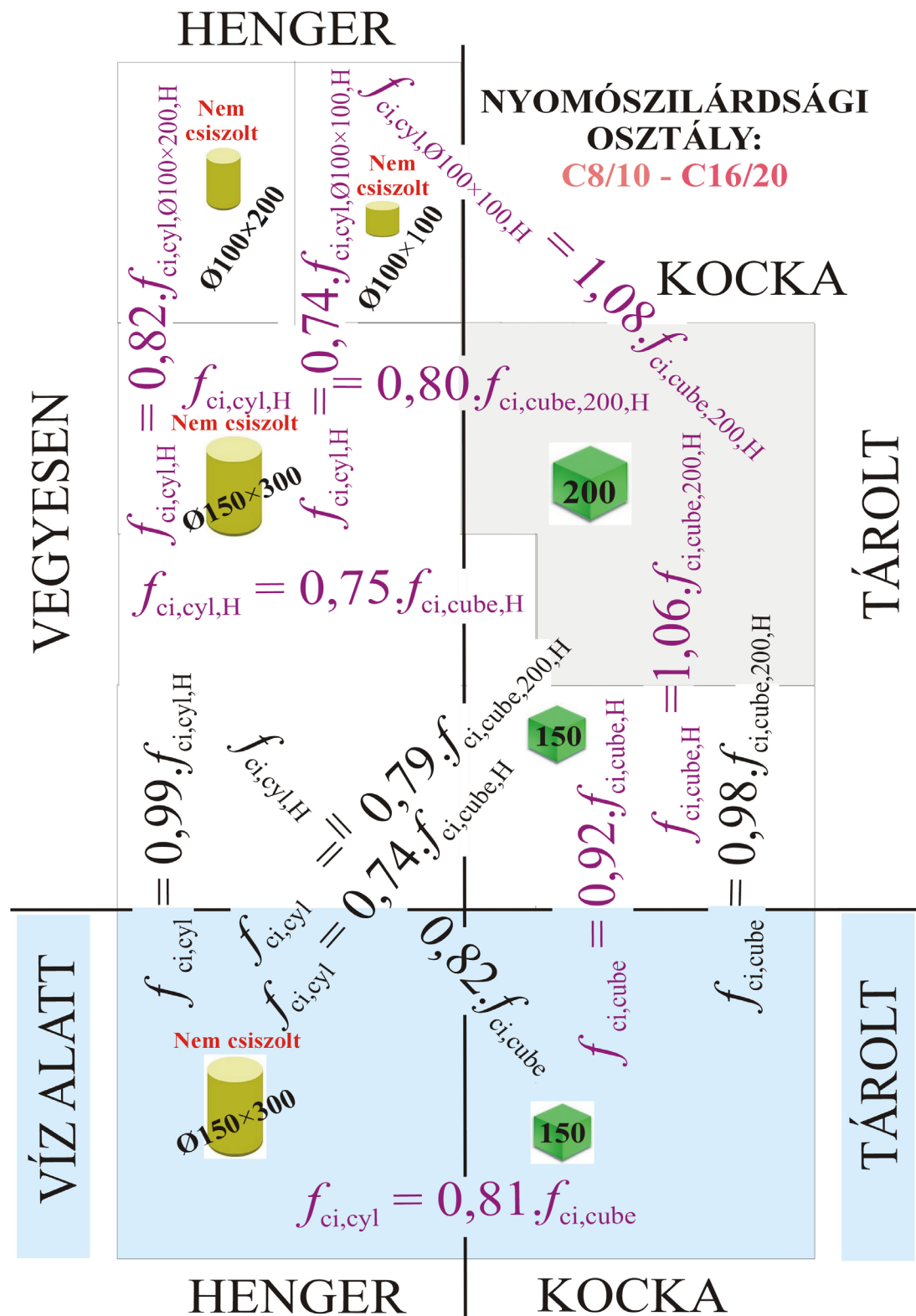
Valamely adott beton nyomószilárdságának egyes vagy átlagos értéke a nyomószilárdság szabványos meghatározása – esetenként szabványosítási időszakonként is változó – feltételeinek függvénye. A különböző feltételek szerint mért, illetve kifejezett nyomószilárdságok egyes vagy átlagos értékei közötti kapcsolat ismeretére – az átszámíthatóság érdekében – a megfelelés-ellenőrzéshez elengedhetetlenül szükség van.

A különböző feltételekhez tartozó egyes, illetve átlagos nyomószilárdságokat a C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztályok esetén az *1.5.Ny1. ábrabeli*, a C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén az *1.5.Ny2. ábrabeli*, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok esetén az *1.5.Ny3. ábrabeli* összefüggés-rendszer segítségével feleltethetjük meg egymásnak.¹³⁶ Az *1.5.Ny1. – 1.5.Ny3. ábrák*on lila színnel a visszavont MSZ 4715-4:1972 szabvány szerinti, valamint a felhasznált Halász-féle (1982), Hilsdorf-féle (1992) és Schnell et al. (2016) szerinti összefüggéseket, fekete színnel az ezekből számtani művelettel származtatott összefüggéseket írtuk fel.

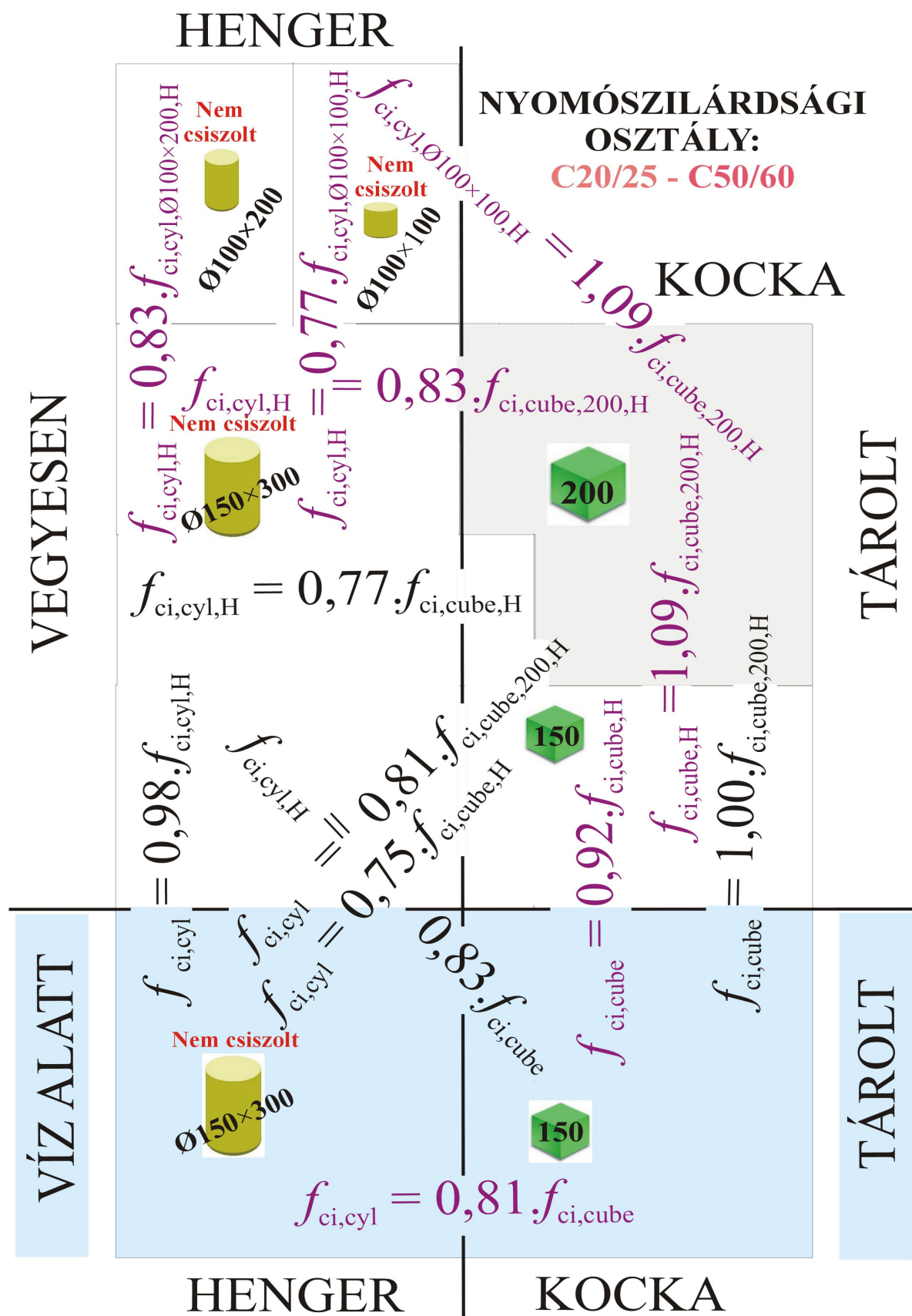
Hangsúlyozni kell, hogy az *1.5.Ny1. – 1.5.Ny3. ábra* szerinti összefüggések összehasonlító kísérletek eredményein alapulnak, következésképpen azok fizikai tartalmat fejeznek ki, ezért ezek az összefüggések kizárólag az R_i , illetve R_m vagy az f_{ci} , illetve f_{cm} jelű egyedi, illetve átlagos nyomószilárdságok kapcsolatának kifejezésére alkalmasak, és teljesen alkalmatlanok a nyomószilárdságok jellemző (karakterisztikus) értékének, illetve a nyomószilárdsági osztályoknak az átszámítására, hiszen az átlagos nyomószilárdságok viszonyát az alulmaradási tágasság ($t_n \times s$, illetve $\lambda_n \times s$) eltorzíthatja. Magyarán, az *1.5.Ny1. – 1.5.Ny3. ábra* összefüggéseibe R_m helyett R_k -t, vagy f_{cm} helyett f_{ck} -t írni nem szabad, mert akkor ezek az összefüggések elvesztik érvényüket.

¹³⁶ A legfeljebb a C8/10 – C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonok közönséges betonok, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú betonok nagyszilárdságú közönséges betonok. A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha az átlagos nyomószilárdsága 60 – 150 N/mm² között van.

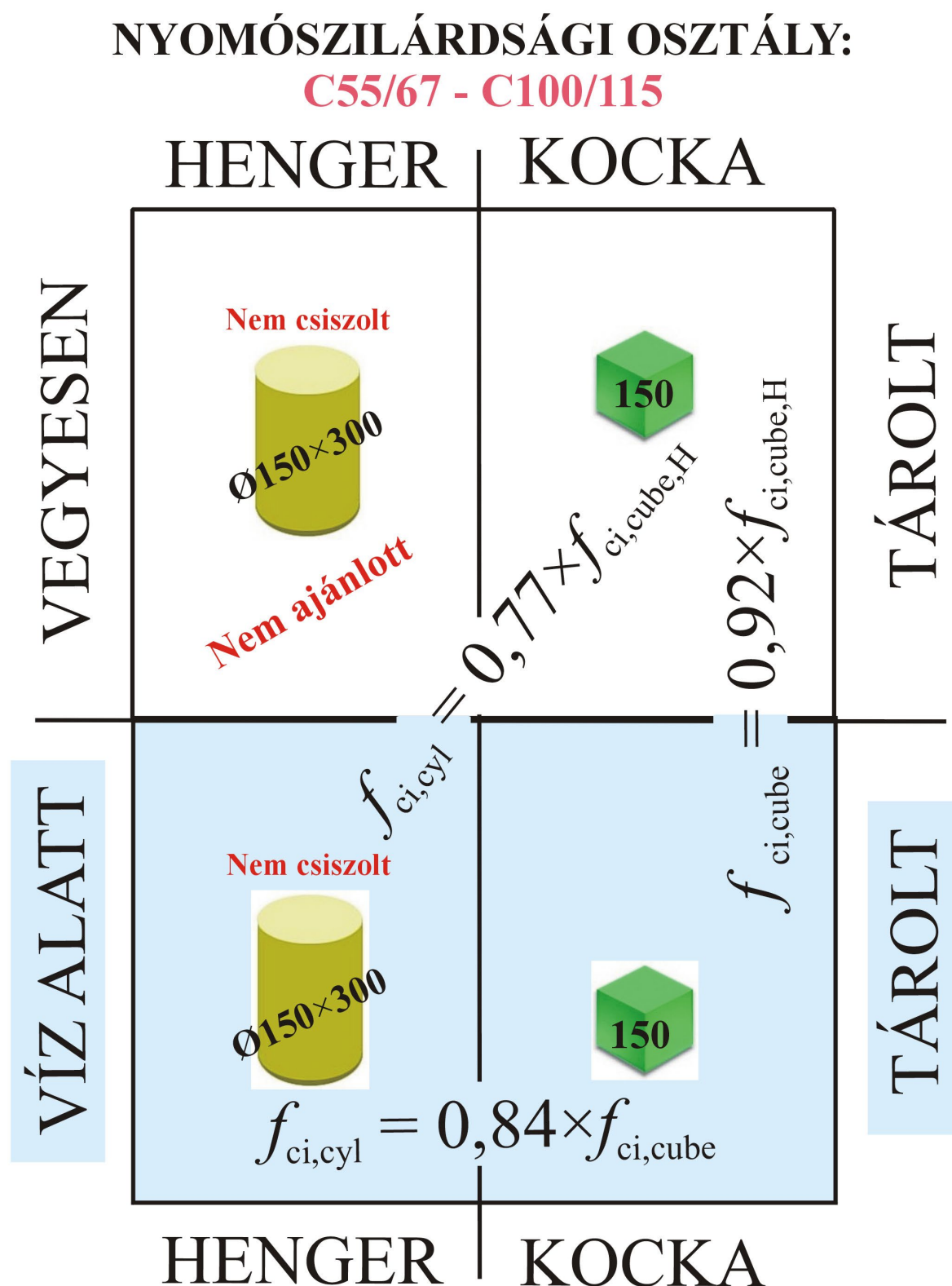
A Model Code 2010 szerint C12 a legkisebb nyomószilárdsági osztályú beton. A Model Code 2010 a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont is ismeri.



1.5.Ny1. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C8/10 – C16/20 (MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2)



1.5.Ny2. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C20/25 – C50/60 (MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2)



1.5.Ny3. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C55/67 – C100/115 (MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2)

Fontos hangsúlyozni, hogy a nyomószilárdság vizsgálata során a nyomólap és a csiszolt nyomott felületű próbatest között jelentős tapadóerők lépnek fel, így a súrlódás és ezzel a látszólag a nyomószilárdság megnő, tehát a csiszolás – a beton szövetszerkezetének

megváltozása nélkül – jelentősen befolyásolja a nyomószilárdság mért (nem szabványos) értékét, ezért a betonpróbatestek nyomott felületét csiszolni nem szabad. (Kausay et al., 2018)

Az **1.5.Ny1. – 1.5.Ny3. ábra** összefüggései a 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos szokványos (nem könnyű, nem nehéz, nem szálerősítésű) betonpróbatestek nyomószilárdsága egyes vagy átlagos értékének a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására alkalmazhatók, de nem érvényesek a nyomószilárdság jellemző értékének és következésképpen a beton nyomószilárdsági osztályának a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására, mert az egyes vagy átlagos nyomószilárdságok próbatest alaktól és mérettől függő viszonyát az alulmaradási tágasság eltorzíthatja.

A különböző feltételek mellett meghatározott egyes vagy átlagos roncsolásos nyomószilárdság vizsgálati eredmények átszámításával részletesen *könyvünk 20.1.2. fejezetében* foglalkozunk.

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa, jele: f_m

Nyomószilárdság egyedi értéke

A nyomószilárdság vizsgálatára készített, egyetlen próbatest vizsgálatából kapott nyomószilárdsági eredmény, vagy az egy mintából készített, azonos korban vizsgált két, illetve több próbatest (általában 3 db) nyomószilárdságának az átlagértéke, amely egy vizsgálati eredménynek számít (MSZ 4798:2016).

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa, jele: f_{ci}

Lásd még: Nyomószilárdság átlagértéke

Nyomószilárdság a folyamatos gyártás alatt

A folyamatos gyártás időszakában végzett beton nyomószilárdság vizsgálat és értékelés. A folyamatos vizsgálat során a beton nyomószilárdság vizsgálati eredményeket az akkori átlag és a kezdeti vizsgálatot meghatározott szórás alapján kell, illetve szabad értékelni. Folyamatos vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végezhet a gyártásközi ellenőrzés keretében (MSZ EN 206:2013+A2:2021). Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Nyomószilárdság jellemző értéke

Az a nyomószilárdsági érték, amely alá az értékelt beton tétel szilárdságvizsgálati eredményeinek legfeljebb 5%-a esik. A nyomószilárdság jellemző értéke lehet előírt érték (f_{ck}) és tapasztalati érték ($f_{ck,test}$). Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Nyomószilárdság a kezdeti gyártás alatt

A kezdeti gyártás időszakában végzett beton nyomószilárdság vizsgálat és értékelés. A kezdeti vizsgálat során a nyomószilárdság vizsgálati eredményeket az átlag alapján kell értékelni, és meg kell adni a vizsgálati eredmények szórását. Kezdeti vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végezhet a gyártásközi ellenőrzés keretében. (MSZ EN 206:2013+A2:2021)

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása

A nyomószilárdság egyedi értéke ingadozásának mértéke, amelyet a nyomószilárdság egyedi (f_{ci}) és átlagértéke ($f_{cm,test}$) különbsége négyzetének „korrigált” ($n - 1$ szabadság fokkal számított) átlagértékéből vont négyzetgyökkel fejezünk ki, ahol n a vizsgálati eredmények száma:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm,test})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}^2 - n \cdot f_{cm,test}^2}{n-1}}$$

A beton nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke az MSZ 4798:2016 szabvány szerint $3,0 \text{ N/mm}^2$.

A beton nyomószilárdságának szórását három vizsgálati eredményből a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint az $s_3 = \text{Terjedelem}/1,69$ összefüggéssel számítottuk ki. A visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint a beton nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke $s_{\min} = 2,0 \text{ N/mm}^2$ volt.

Ugyanakkor *Harter* és szerzőtársai (1960), továbbá *Stange* és szerzőtársai (1966) táblázata szerint ismétlési feltételek között három vizsgálati eredmény 95%-os valószínűséggel akkor összeférhető, ha azok terjedelme legfeljebb $3,31 \times s_3$, azaz $s_3 \leq \text{Terjedelem}/3,31$ (lásd a visszavont MSZ 4798:2016 szabvány N4. fejezetét).

Mértékegysége: N/mm^2 vagy MPa, jele: s_n .

Lásd még: Ismeretlen relatív szórás, Ismert relatív szórás Korrigált tapasztalati szórás, Variancia

Nyomószilárdsági fokozat

Adott nyomószilárdsági jellemző értékből különböző nyomószilárdság értékelési rendszer szerinti alulmaradási tágassággal meghatározott átlagos nyomószilárdságú betonok az erőtan biztonsága és a tartósság szempontjából nem egyenértékűek, hanem különböző nyomószilárdsági fokozatúak. Így egyazon nyomószilárdsági osztályon belül az átlagos nyomószilárdság meghatározásához alkalmazott $\Delta_{lv} = 8 \text{ N/mm}^2$ (MSZ EN 1992-1-1:2010), $\Delta_{lv} = 6 \text{ N/mm}^2$ (MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete) és $\Delta_{lv} = 4 \text{ N/mm}^2$ (MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete) alulmaradási tágasságtól függően a beton nyomószilárdsági fokozata erős, közepes vagy gyenge.

Napjaink szakirodalmi közleményei nem mindig adnak választ a kérdésre, hogy a szóban forgó nyomószilárdsági osztály mely nyomószilárdsági fokozatú betont fedi; általában sajnos a gyengét, amelyhez mintegy 70%-os elfogadási valószínűség tartozik.

A gyenge nyomószilárdsági fokozatú betonból épített beton-, illetve vasbetonszerkezet tényleges erőtan biztonsága, biztonsági tényezője kisebb, mint közepes vagy erős nyomószilárdsági fokozatú beton-, illetve vasbetonszerkezet tervezett erőtan biztonsága, biztonsági tényezője.

Lásd még: Biztonsági tényező, Nyomószilárdsági osztály

Nyomószilárdsági osztály

Az MSZ 4798:2016, illetve az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerint – néhány kivételtől eltekintve¹³⁷ – a nyomószilárdsági osztály a „szabványos” alakú és méretű sablonban készült, „szabványosan” tárolt (utókezelt), névleges 28 napos korú betonpróbatestek nyomószilárdsági jellemzője, amelyet a 28 napos korú, szabványosan tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző értékével ($f_{ck,cyl}$) és 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának előírt jellemző értékével ($f_{ck,cube}$) kell megadni.

A fogalom-meghatározás és az elfogadott gyakorlat következtében a *névleges 28 napos – de legfeljebb ténylegesen 90 napos – korúnál idősebb betonnak nincs nyomószilárdsági osztálya.*

¹³⁷ Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerint például a pályabetonok, a löttbetonok, a tömegbetonok, a szárazon kevert betonok, a legfeljebb 4 mm névleges legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített betonszerű habarcsok, az öntömörödő betonok és a szemcsehézagos betonok szabványai és műszaki előírásai tartalmazhatnak az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványtól eltérő vagy azt kiegészítő előírásokat.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdsági osztály a még be nem épített friss betonból vett, általában 28 napos, esetleg előzetes írásbeli megállapodás esetén 42 napos (például útépítési beton)¹³⁸ vagy 56 napos korú (például tömegbeton), esetleg legfeljebb 90 napos korú (például nagyon lassú szilárdulású beton) próbatesteken mért nyomószilárdságból határozható meg. Ha a nyomószilárdsági osztállyal a 28 napostól eltérő, legfeljebb 90 napos korú beton nyomószilárdságát jellemzik, akkor ezt a körülményt az építmény megvalósítási szerződésében, a betontechnológiai utasításban és a beton szállítólevelén rögzíteni kell.

A beton nyomószilárdsági osztályának meghatározására a vizsgálati eredmény átszámítása nélkül kizárólag a sablonban készített „szabványos” alakú és méretű, „szabványosan” tárolt próbatestek alkalmasak. Ezekből eltérő alakú és/vagy másképp tárolt próbatestek akkor alkalmasak a nyomószilárdsági osztály meghatározására, ha a felhasználásukkal mért nyomószilárdság szabványban rögzített vagy általánosan elfogadott összefüggéssel átszámítható a „szabványos” próbatestek vizsgálatával nagy valószínűséggel adódó nyomószilárdságra.

Mind a beton nyomószilárdságának követelménye és vizsgálata, mind a nyomószilárdsági osztály értelmezése a kezdetektől máig sokat változott.

Az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982, MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ 4719:2016 szabvány egymásnak megfelelő nyomószilárdsági osztályait az *1.5.Ny4.* és *1.5.Ny5. ábrán* vetettük össze.

Az összevetés alapját a *1.5.Ny4. ábrán* és a belőle szerkesztett *1.5.Ny3. táblázatban* az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány, a *1.5.Ny5. ábrán* és a belőle szerkesztett *1.5.Ny4. táblázatban* az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi. Az *1.5.Ny4.* és *1.5.Ny5. ábra*, illetve az *1.5.Ny3.* és az *1.5.Ny4. táblázat* gyakorlati alkalmazásának alapvetően két területe látszik.

Egyrészt az *1.5.Ny4. ábra* és *1.5.Ny3. táblázat* segítségével – amelyben az összevetés alapját a 1982 előtti szabványok képezik – a 1982 előtti szabványokban, előírásokban, irodalmi közlésekben, számítási módszerekben (például *Palotás*-féle betontervezési képletek) és terv dokumentációkban szereplő, legfeljebb C50/60 nyomószilárdsági osztályok a mai előírások szerint értelmezhetők, feltéve, ha az összevetésnek az egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztálya képezi az alapját. Például az egykori MSZ 4719:1977 szabvány szerinti B 400 nyomószilárdsági osztályba eső betonok átlagos nyomószilárdságuktól függően az 1982-2002 között érvényben volt MSZ 4719:1982 szabvány szerint C 20, C 25 vagy C 30 nyomószilárdsági osztályúnak, a mai Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerint C20/25, C25/30 vagy C30/37 nyomószilárdsági osztályúnak, az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint C25/30, C30/37 vagy C35/45 nyomószilárdsági osztályúnak, az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint C25/30 vagy C30/37 nyomószilárdsági osztályúnak tekinthetők.

Másrészt az *1.5.Ny5. ábra* és az *1.5.Ny4. táblázat* segítségével – amelyben az összevetés alapját a mai Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány képezi – meg lehet vizsgálni, hogy az Eurocode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályú beton az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982, MSZ 4798:206 szabvány O vagy P melléklete mely nyomószilárdsági osztályával egyenértékű. Például az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szerinti C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok az 1976 évi Vasúti Hídszabályzat-tervezet szerint a B 350, az MSZ 4719:1982 szabvány szerint a C 16 vagy C 20, az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint a C25/30,

¹³⁸ Az útépítési betonok szilárdságát napjainkban már nem 42 napos, hanem 28 napos korban kell meghatározni (lásd *könyvünk 9. fejezetét*).

az MSZ 4798:206 szabvány P melléklete szerint a C20/25 vagy C25/30 nyomószilárdsági osztályba esnek.

Megjegyezzük, hogy az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a P melléklet a 100 év tervezési élettartamú betonok tekintetében előírás és alkalmazása kötelező.

B 50				
B 70				
B 100				
B 140	C 4		C8/10	C8/10 - AC ₅₀ (H)
	C 6			
B 200	C 8	C8/10	C12/15	C12/15 - AC ₅₀ (H)
	C 10		C16/20	
		C12/15		C16/20 - AC ₅₀ (H)
B 280	C 12		C20/25	C20/25 - AC ₅₀ (H)
	C 16	C16/20		
B 350	C 20	C20/25	C25/30	C25/30 - AC ₅₀ (H)
B 400	C 25	C25/30	C30/37	C30/37 - AC ₅₀ (H)
	C 30	C30/37		
B 500	C 35		C35/45	C35/45 - AC ₅₀ (H)
		C35/45	C40/50	
B 560	C 40		C45/55	C40/50 - AC ₅₀ (H)
		C40/50		C45/55 - AC ₅₀ (H)
	C 45			
		C45/55	C50/60	C50/60 - AC ₅₀ (H)
	C 50			
		C50/60	C55/67	C55/67 - AC ₅₀ (H)
	C 55			
		C55/67		
MSZ 4720:1961 MSZ 4719:1977	MSZ 4720-2:1980 MSZ 4719:1982	Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1:2010	MSZ EN 206-1:2002 MSZ EN 206:2013 MSZ 4798-1:2004 MSZ 4798:2016 O mell.	MSZ 4719:2016 P melléklet (tájékoztató), a 100 év tervezési élet- tartamú betonok esetén előírás

1.5.Ny4. ábra: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány képezi

B 50				
B 70				
B 100				
B 140	C 4		C8/10	C8/10 - AC ₅₀ (H)
	C 6			
B 200	C 8	C8/10	C12/15	C12/15 - AC ₅₀ (H)
	C 10			
		C12/15	C16/20	C16/20 - AC ₅₀ (H)
B 280	C 12			
		C16/20	C20/25	C20/25 - AC ₅₀ (H)
	C 16			
B 350	C 20	C20/25	C25/30	C25/30 - AC ₅₀ (H)
B 400	C 25	C25/30	C30/37	C30/37 - AC ₅₀ (H)
	C 30	C30/37	C35/45	C35/45 - AC ₅₀ (H)
B 500	C 35	C35/45		
			C40/50	C40/50 - AC ₅₀ (H)
B 560	C 40		C45/55	C45/55 - AC ₅₀ (H)
		C40/50		
	C 45			
		C45/55	C50/60	C50/60 - AC ₅₀ (H)
	C 50			
		C50/60		
	C 55		C55/67	C55/67 - AC ₅₀ (H)
		C55/67		
MSZ 4720:1961 MSZ 4719:1977	MSZ 4720-2:1980 MSZ 4719:1982	Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1:2010	MSZ EN 206-1:2002 MSZ EN 206:2013 MSZ 4798-1:2004 MSZ 4798:2016 O mell.	MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató), a 100 év tervezési élet- tartamú betonok esetén előírás

1.5.Ny5. ábra: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi

1.5.Ny3. táblázat: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány képezi

Nyomószilárdsági osztályok				
1951-1982 között	1982-2002 között	2002 óta		2016 óta
B 140	C 4 C 6	–	C8/10 C12/15	C8/10-AC ₅₀ (H)
B 200	C 6 C 8 C 10 C 12	C8/10 C12/15	C12/15 C16/20	C 8/10-AC ₅₀ (H) C12/15-AC ₅₀ (H) C16/20-AC ₅₀ (H)
B 280	C 12 C 16	C12/15 C16/20	C16/20 C20/25 C25/30	C16/20-AC ₅₀ (H) C20/25-AC ₅₀ (H)
B 350*	C 16 C 20	C20/25	C25/30	C20/25-AC ₅₀ (H) C25/30-AC ₅₀ (H)
B 400	C 20 C 25 C 30	C20/25 C25/30 C30/37	C25/30 C30/37 C35/45	C25/30-AC ₅₀ (H) C30/37-AC ₅₀ (H)
B 500*	C 30 C 35	C30/37 C35/45	C35/45 C40/50	C30/37-AC ₅₀ (H) C35/45-AC ₅₀ (H)
B 560	C 35 C 40 C 45	C35/45 C40/50	C40/50 C45/55	C40/50-AC ₅₀ (H) C45/55-AC ₅₀ (H)
–	C 45	C40/50 C45/55	C45/55 C50/60	C45/55-AC ₅₀ (H) C50/60-AC ₅₀ (H)
	C 50	C45/55 C50/60	C50/60 C55/67	C50/60-AC ₅₀ (H)
	C 55	C50/60 C55/67	C55/67	C50/60-AC ₅₀ (H) C55/67-AC ₅₀ (H)
Lásd: MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977 *A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1982 előtti Vasúti Híd- szabályzatban szerepelt	Lásd: MSZ 4720-2:1980 és MSZ 4719:1982 Ha $k = 0,54 + \frac{+0,1027 \times \sqrt{R_{m,cube,H}}}{n = 5, t = 2,132}$, és az s szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték	Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	Átadás-átvételi eljárás	
	Elfogadási valószínűség: ~50 %		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat és MSZ 4798-1:2004 14. táblázat és MSZ 4798:2016 O melléklet	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztatás), a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén előírás
			Elfogadási valószínűség: ~70%	50% < Elfogadási valószínűség < 70%

1.5.Ny4. táblázat: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi

Nyomószilárdsági osztályok				
1951-1982 között	1982-2002 között	2002 óta		2016 óta
B 140	C 4 C 6	–	C8/10	C8/10-AC ₅₀ (H)
B 200	C 6 C 8 C 10	C8/10	C12/15 C16/20	C 8/10-AC ₅₀ (H) C12/15-AC ₅₀ (H)
B 200 B 280	C 10 C 12	C12/15	C16/20 C20/25	C12/15-AC ₅₀ (H) C16/20-AC ₅₀ (H)
B 280	C 12 C 16	C16/20	C20/25 C25/30	C16/20-AC ₅₀ (H) C20/25-AC ₅₀ (H)
B 350*	C 16 C 20	C20/25	C25/30	C20/25-AC ₅₀ (H) C25/30-AC ₅₀ (H)
B 400	C 20 C 25	C25/30	C25/30 C30/37	C25/30-AC ₅₀ (H) C30/37-AC ₅₀ (H)
B 400 B 500*	C 25 C 30 C 35	C30/37	C30/37 C35/45	C30/37-AC ₅₀ (H) C35/45-AC ₅₀ (H)
B 500* B 560	C 35 C 40	C35/45	C35/45 C40/50	C35/45-AC ₅₀ (H) C40/50-AC ₅₀ (H)
B 560	C 40 C 45	C40/50	C45/55 C50/60	C40/50-AC ₅₀ (H) C45/55-AC ₅₀ (H)
–	C 45 C 50	C45/55	C50/60	C45/55-AC ₅₀ (H) C50/60-AC ₅₀ (H)
	C 50 C 55	C50/60	C50/60 C55/67	C50/60-AC ₅₀ (H) C55/67-AC ₅₀ (H)
	C 55	C55/67	C55/67	C55/67-AC ₅₀ (H)
Lásd: MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977 *A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1982 előtti Vasúti Híd- szabályzatban szerepelt	Lásd: MSZ 4720-2:1980 és MSZ 4719:1982 Ha $k = 0,54 + \frac{1}{n}$, $n = 5$, $t = 2,132$, és az s szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték	Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	Átadás-átvételi eljárás	
	Elfogadási valószínűség: ~50 %		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat és MSZ 4798-1:2004 14. táblázat és MSZ 4798:2016 O melléklet	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztatás), a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén előírás
			Elfogadási valószínűség: ~70%	50% < Elfogadási valószínűség < 70%

A betonburkolatok, illetve értelemszerűen a betonburkolatok betonja nyomószilárdsági osztályának fogalma és jele az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet és az MSZ EN 13877-2:2013 szerint fentiekéntől némiképp eltér. A nyomószilárdságot 28 napos korban, a betonburkolat teljes vastagságában kifúrt magmintákból kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengereken kell az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány szerint megmérni, és a Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára átszámítani. Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint a betonburkolatok betonja nyomószilárdsági osztályának jele CC betűjelből és a magminták nyomószilárdsága előírt jellemző értékének ($f_{ck,core}$) számjegyből áll. Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványban ajánlják, hogy a betonburkolat nyomószilárdsági osztálya legalább CC20 legyen.

Lásd még: Próbatetek „szabványos” tárolása

Nyúlás

A nyúlás a „megnyúlásnak” (ΔL) az eredeti jeltávolságra (eredeti mérési szakasz L_0 hosszúságára,) vetített fajlagos értéke, amelyet általában százalékban szoktak kifejezni:

$$\text{Nyúlás} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{(\text{Megváltozott hosszúság}) - (\text{Eredeti hosszúság})}{(\text{Eredeti hosszúság})} \times 100$$

A nyúlás az acélok, betonacélok, feszítőacélok, általában a fémek egyik legfőbb tulajdonsága.

OC-görbe, működési jelleggörbe, elfogadási jelleggörbe

Angolul: Operating characteristic curve, OC curve

Németül: Annahmekennlinie

A szócikkben használt rövidítések:

- AQL (angolul: Acceptable quality level; németül: Annehmbarer Qualitätslage) = Átvételi hibaszint határ
- AOQL (angolul: Average outgoing quality limit; németül: maximaler Durchschlupf) = Átlagos kimenő hibaszint határa
- LTPD (Angolul: Lot tolerance per cent defective) = LQ (angolul: Limiting quality) = RQL (angolul: Rejectable quality limit; németül: Rückzuweisende Qualitätslage) = Gyártási tétel tűréshatára

Az OC-görbe (működési vagy elfogadási jelleggörbe) valamely p alulmaradási hányadú tétel $A(p)$ elfogadási valószínűségét adja meg, ha a mintavételek n száma és a megengedett nem megfelelő minták $c = k_{\text{megengedett}}$ száma adott (MI 247-3:1974 visszavont). A visszavont MSZ 247-1:1977 szabvány szerint az átvevő kockázatának meghatározásához adott mintavételi ellenőrzési terv esetén a terv jelleggörbéjét (OC-görbéjét) kell felhasználni, vagy ha az indokolt, ki kell számítani az AOQL átlagos kimenő hibaszint határát.

A beton OC-görbéje a beton p alulmaradási hányada függvényében annak $L(p,n,c)$ valószínűségét fejezi, hogy az együtt értékelt, n számú mintából éppen c számú vagy ennél kevesebb minta nem felelt meg. A c úgy nevezett döntő mintaelemszám, az n mintaszámú vizsgálati eredményben a meg nem felelő eredményt adó minták megengedett legnagyobb száma ($k_{\text{megengedett}}$), az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti 0,05 értékű alulmaradási hányad esetén: $c = 0,05 \times n$. A műveleti jelleggörbe értékeinek számszerű kifejezésére a binomiális valószínűségi eloszlás helyett olykor a könnyebben kezelhető Poisson-féle valószínűségi eloszlás eloszlásfüggvényét szokták alkalmazni. (Felix et al., 1964)

Valamely n mintaelemszámhoz és $c = k_{\text{megengedett}}$ úgy nevezett döntő mintaelemszámhoz tartozó OC-görbét (elfogadási valószínűségi görbét) úgy kapjuk meg, hogy az n mintaelemszámú, különböző p alulmaradási hányadú, például binomiális-eloszlások eloszlásgörbéinek a mintában megengedett nem megfelelő elemek számát kifejező $c = k_{\text{megengedett}}$ abszcisszához

tartozó ($p \rightarrow$ alulmaradási hányad, $\Sigma B_k \rightarrow$ valószínűségi eloszlás) értékpárjait lineáris koordináta-rendszerben ábrázolva folyamatos vonallal összekötjük (1.5.O1. ábra).

Herold F. Dodge¹³⁹ és Harry G. Romig¹⁴⁰ (1959) szerint az OC-görbe neve eredetileg „elfogadási valószínűségi görbe” (probability of acceptance curve) volt. Az „OC curve, operating characteristic curve” kifejezést először Hermann H. Zornig ezredes használta nem sokkal a második világháború előtt, amikor 1938 és 1941 között az amerikai hadsereg Ballisztikai Kutató Laboratóriumának (BRL, Ballistic Research Laboratory) az igazgatója volt a Maryland szövetségi állambeli (USA) Aberdeen Proving-i gyakorlóterén (Aberdeen Proving Ground). (Dodge et al., 1959), (A BRL, Ballistic Research Laboratory története: https://books.google.hu/books?id=5IFlxW_1rvMC&dq=Colonel+H.H.+Zornig&hl=de&source=gbs_navlinks_s)

Az első „elfogadási valószínűségi görbék” (angolul: probability of acceptance curve) 1923-ban a Western Electric Company (Manhattan, New York City, USA) mérnökei – többek között Walter A. Shewhardt¹⁴¹, aki 1924-ben az USA-ban a minőségirányítási kártyákat (angolul: control chart for fraction nonconforming; németül: Regelkarte vagy Kontrollkarte für den Ausschußanteil) bevezette – szerkesztették, hogy megkönnyítsék a különböző mintavételes ellenőrzési tervek közötti választást. Mindezt erőteljes kutatások és fejlesztések követték az 1925-ben alapított Bell Telephone Laboratories kutatóintézetben (eredeti székhelye: New York, West Street, majd 1967-től Murray Hill, New Jersey, USA); például ekkor vezették be „a gyártó kockázata” (producer’s risk) és „a vevő kockázata” (consumer’s risk) fogalmát. (Dodge et al., 1959)

A gyártó kockázata (α) az átvételi hibaszint határon (AQL) lévő vagy az annál kisebb hibaszintű hibátlan termék elutasításának kockázata, amelyet általában 95%-os konfidenciaszinten szoktak kifejezni. Az adott AQL értékekhez tartozó vagy annál jobb elemeket hosszú távon az esetek 95%-ban elfogadják és az esetek 5%-ában elutasítják (1.5.O1. ábra).

(<https://harishsnotebook.wordpress.com/2019/10/19/aql-rql-ltpd-oc-curve-reliability-and-confidence/>)

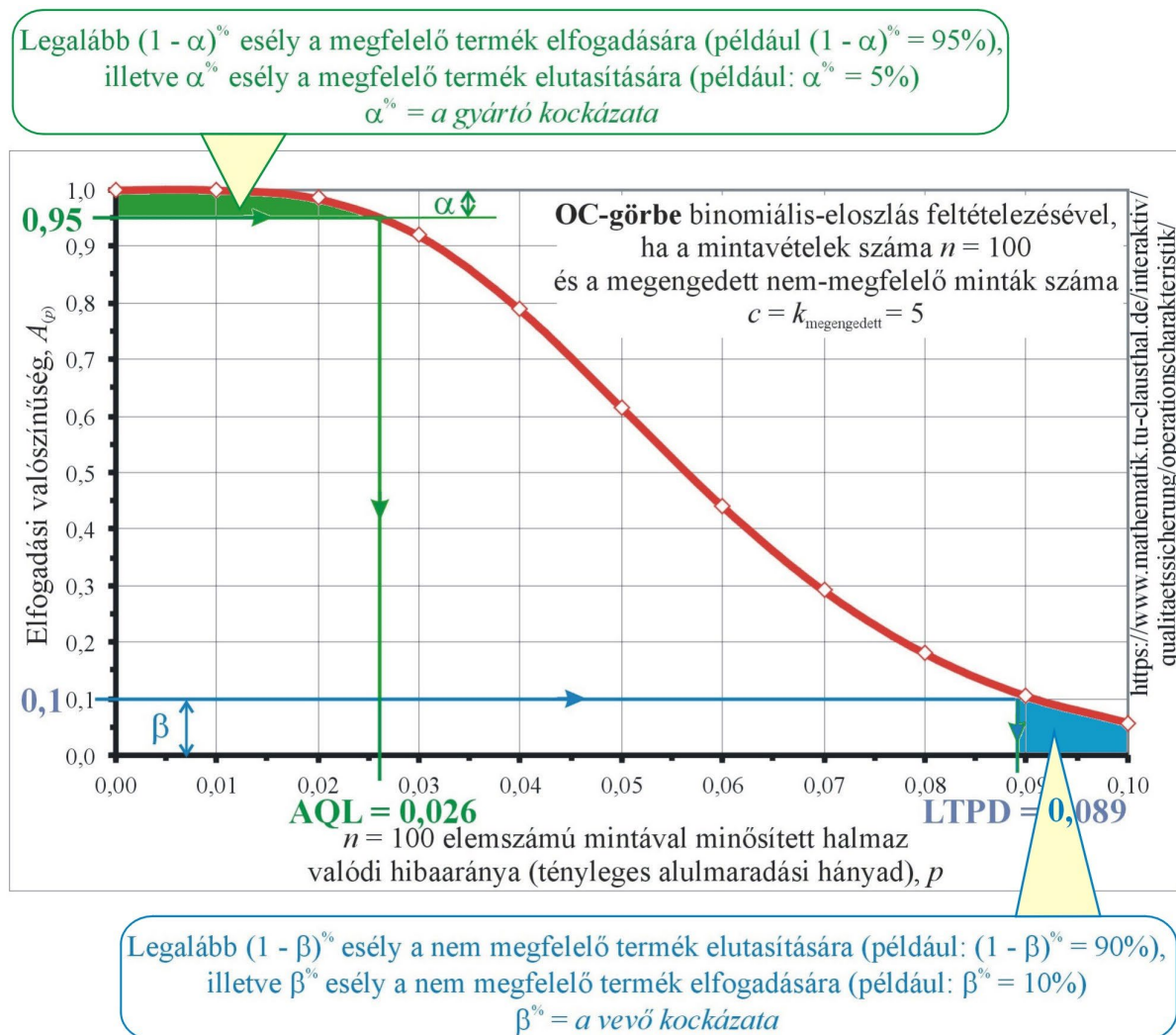
A vevő kockázata (β) a gyártási tűréshatáron (LTPD) lévő vagy az annál nagyobb hibaszintű hibás termék elfogadásának kockázata, amelyet általában 10%-os konfidenciaszinten szoktak kifejezni. Az adott LTPD értékekhez tartozó vagy annál rosszabb elemeket hosszú távon az esetek 90%-ában elutasítják és az esetek 10%-ban elfogadják (1.5.O1. ábra).

(<https://harishsnotebook.wordpress.com/2019/10/19/aql-rql-ltpd-oc-curve-reliability-and-confidence/>)

¹³⁹ Harold French Dodge (1893, Lowell, Massachusetts – 1976) amerikai statisztikus, egyetemi tanár. Dodge 1916-ban szerzett elektromérnöki diplomát, 1917-ben pedig a Columbia Egyetemen mesterfokozatot fizikából. 1917 és 1958 között a Bell Telephone Laboratories minőségbiztosítási osztályán dolgozott. 1958-ban az alkalmazott matematikai statisztika professzora lett. Dodge-nak a II. világháború alatt a Pentagonban volt irodája, és a hadügyminiszter tanácsadójaként szolgált. (https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_F._Dodge)

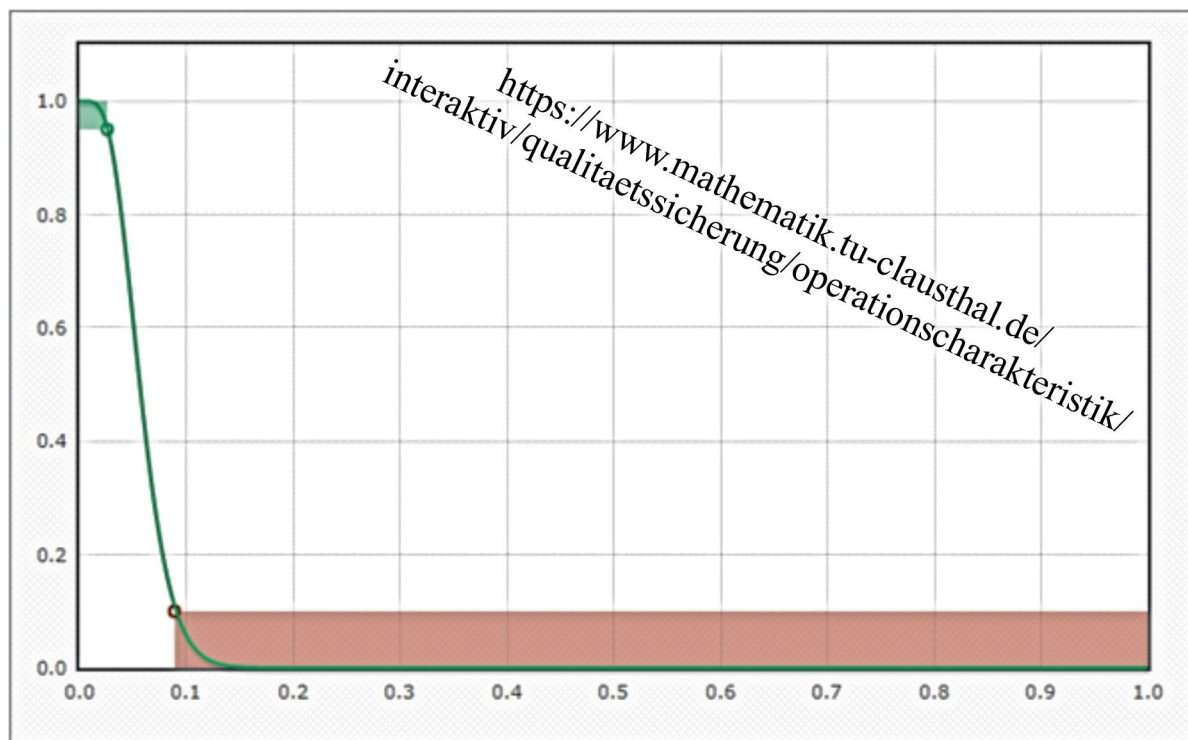
¹⁴⁰ Harry Gutelius Romig (1900-?) amerikai statisztikus. Pályafutását 1921-ben kezdte a középiskolai matematika és természettudományok tanáraként Oregonban (USA), majd a Berkeley-i Kaliforniai Egyetem adjunktusa lett, miközben fizikából mesterfokozatot szerzett. Több éven át matematikát és fizikát tanított a San Jose State College-ban, majd 1926-tól a Bell Telephone Laboratories minőségbiztosítási osztályán dolgozott. Ipari mérnöki doktori fokozatot a Columbia Egyetemen 1939-ben szerzett. Romig a II. második világháború alatt Bell Laboratories vezetője volt. (<https://de.scribd.com/document/468128635/harry-gutelius-romig>)

¹⁴¹ Walter Andrew Shewhart (1891, New Canton, Illionis – 1967, Pasippamy-Troy Hills Township) amerikai fizikus, mérnök és statisztikus. Shewhart Urbana-Champaign-ben az Illinoisi Egyetemen tanult, majd 1917-ben Berkeley-ben a Kaliforniai Egyetemen, fizikából doktorált. 1954-ben a Rutgers University címzetes egyetemi tanára lett. Shewhardt 1918-tól a Western Electric Company műszaki ellenőrzési osztályán, majd a Bell Telephone Laboratories 1925. évi alapításától kezdve egészen 1956-os nyugdíjazásáig a Bell Telephone Laboratories laboratóriumban dolgozott (<https://www.google.com/search?q=%22Walter+A.+Shewhardt%22>), (Rinne et al., 1995).



1.5.01. ábra: A gyártó 5%-os kockázatához (α) tartozó $p = \text{AQL}$ érték és a vevő 10%-os kockázatához (β) tartozó $p = \text{LTPD}$ érték helyzete az OC-görbén

Az 1.5.01. ábrán látható binomiális-eloszlás háttérű OC-görbe p valószínűségi változójának $\text{AQL} = 0,026$ és $\text{LTPD} = 0,089$ értékét a TU Clausthal egyetem Institut für Mathematik intézetének világhálón található interaktív weboldala (<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/qualitaetssicherung/operationscharakteristik/>) segítségével határoztuk meg (1.5.02. ábra).



Verteilungsfunktion, die der Operationscharakteristik zu Grunde liegt

Verteilung:

Gutgrenze (Acceptable Quality Level, AQL)

$1-\alpha=0,95$

$p_{1-\alpha}=0,026$

Lieferungen mit höchstens $p_{1-\alpha}=2,6\%$ Ausschuss sollen mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens $1-\alpha=95\%$ angenommen werden.

Schlechtgrenze (Limiting Quality, LQ)

$\beta=0,1$

$p_{\beta}=0,089$

Lieferungen mit über $p_{\beta}=8,9\%$ Ausschuss sollen mit einer Wahrscheinlichkeit von höchstens $\beta=10\%$ angenommen werden.

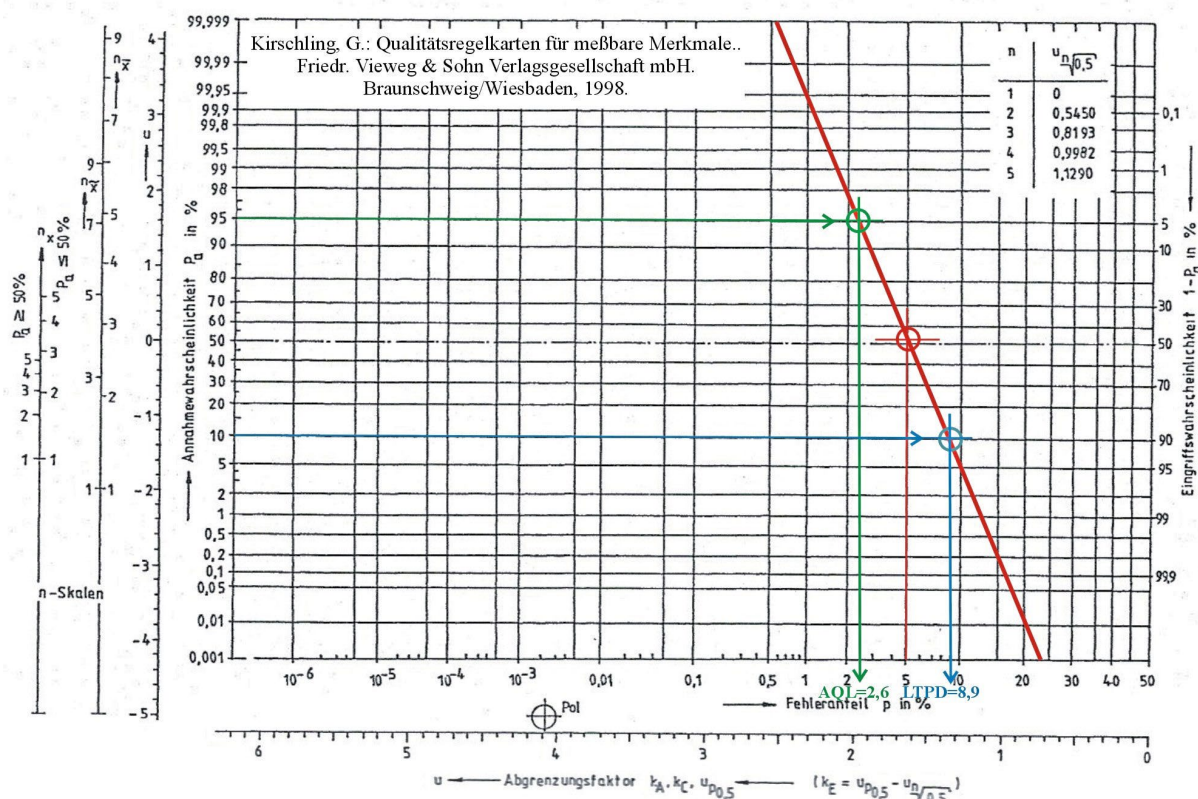
Stichprobenplan

$n=100$

$c=5$

1.5.02. ábra: Az AQL és az LTPD érték meghatározása a TU Clausthal egyetem Institut für Mathematik intézetének világhálón található szoftverével

Ha az OC-görbét nem lineáris koordináta-rendszerben, hanem megfelelő kettős valószínűségi hálón (németül: DWN → Doppeltes Wahrscheinlichkeitsnetz), úgy nevezett OC-papíron ábrázoljuk, akkor az OC-görbe grafikonja egyenes, ahogy az 1.5.03. ábrán látni. (Kirschling, 1998)



1.5.03. ábra: Az 1.5.01. ábra szerinti, $n = 100$ elemszámú, $c = k_{\text{megengedett}} = 5$ úgy nevezett döntő mintaelemszámú, binomiális OC-görbe megfelelő kettős valószínűségi hálón (koordináta-rendszerben), úgy nevezett OC-papíron (Kirschling, 1998) az AQL és az LTPD érték feltüntetésével

A tulajdonképpeni grafikus-táblázatos OC-görbéket (Dodge & Romig Tables) az 1940-es évek első felében a Bell Telephone Laboratories kutatóintézetben dolgozták ki a Western Electric Company közreműködésével, a Western Electric Company által kidolgozott eredeti táblázatok felhasználásával. A táblázatok először 1941. januárjában jelentek meg a The Bell System című szakfolyóiratban, és már 1944-ben könyv alakban is kiadták. A könyv második, bővített kiadása 1959-ben jelent meg, ez reprint formában 1997-ben a Wiley Classics Library sorozatban látott napvilágot (Dodge et al., 1959; reprint 1997), és két táblázatfajtát tartalmaz, az egyik a gyártási tétel tűréshatáron (LTPD), a másik az átlagos kimenő hibaszinthatáron (AOQL) alapszik.

Dodge és Romig (Dodge et al., 1959) szerint, ha egy adott termék minőségének (angolul: operation or performance) az ellenőrzéséhez *roncsoló vizsgálat* szükséges, akkor általában kis mintákat vesznek és vizsgálnak meg. A vizsgálat egyszeres vagy többszörös lehet. Ha a termék megfelelőségét a teljes halmazból vett minta vizsgálata alapján döntenek el, akkor a mintavételi terv neve *egyszeres, egylépcsős, egyfokozatú mintavételi terv* (angolul: single sampling plan), ha pedig a két vagy több részre bontják a halmazt, és a termék megfelelőségét a részhalmazokból vett két vagy több minta alapján határozzák meg, akkor a mintavételi terv neve *kétszeres, kettős, kétlépcsős, kétfokozatú mintavételi terv* (angolul: double sampling plan), illetve *többszörös mintavételi terv* (Rinne et al., 1995).

A termékek minőségellenőrzési hibaszintjének, elfogadási határának fogalmát részletesebben könyvünk 1.6.1. fejezetében, az OC-görbe (működési jelleggörbe, elfogadási jelleggörbe) fogalmát részletesebben könyvünk 1.6.2. fejezetében tárgyaljuk.

Lásd még: AOQ Átlagos kimenő hibaszint, AOQL Átlagos kimenő hibaszint határa, AQL Átvételi hibaszint, Biztonsági tényező, Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, LQ Visszautasítási hibaszint, Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága, Valószínűségi háló

Oldástenzió, oldódási feszültség, oldódási nyomás

Angolul: Solution pressure

Németül: Lösungsdruck, Lösungstension

Az oldástenzió a fémeknek, a hidrogénnek és néhány nemfémes elemnek azt a törekvését fejezi ki, hogy ionos alakban a vele érintkező oldószerbe menjenek át, azaz oldódjanak (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983).

Néhány fém és a hidrogén *Bernhard Heinrich Neumann*¹⁴², illetve *Max Le Blanc*¹⁴³ szerinti oldástenziójának értéke az 1.5.O1. táblázatban található.

Fém	Oldástenzió, atm
Magnézium (Mg)	10 ⁴³
Cink (Zn)	9,9·10 ¹⁸
Vas (Fe)	1,2·10 ⁴
Kadmium (Cd)	2,7·10 ⁶
Tallium (Tl)	7,7·10 ²
Kobalt (Co)	1,9·10 ⁰
Nikkel (Ni)	1,3·10 ⁰
Hidrogén (H)	9,9·10 ⁻⁴
Ólom (Pb)	1,1·10 ⁻⁵
Réz (Cu)	4,8·10 ⁻²⁰
Ezüst (Ag)	2,3·10 ⁻¹⁷
Higany (Hg)	1,1·10 ⁻¹⁶
Palládium (Pd)	1,5·10 ⁻³⁶

1.5.O1. táblázat: Néhány fém és a hidrogén oldástenziójának értéke *Bernhard Heinrich Neumann*, illetve *Max Le Blanc* szerint (*Vaubel*, 1903)

(*Wilhelm Vaubel*, a Darmstadt-i Műszaki Főiskola magántanára »Privatdocent an der technischen Hochschule zu Darmstadt«: Lehrbuch der theoretischen Chemie. In zwei Bänder. Erster Band. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg GmbH., 1903. → <https://books.google.hu/books?id=nLuIBwAAQBAJ&pg>)

¹⁴² *Bernhard Heinrich Neumann* (1867, Seifhennersdorf – 1953, Freiberg) egyetemi tanár, „Die Elektrolyse als Hilfsmittel in der analytischen Chemie, von Dr. B. Neumann in Stolberg, Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S.” dolgozata a Knapp's Encyclopedia of Electrochemistry (Knapp'sche Encyklopadie der Electrochemie) VII. köteteként jelent meg, de megjelent a Journal of Electrochemistry (Zeitschrift für Elektrochemie) folyóiratban is – olvasható a Zeitschrift für Elektrochemie folyóirat 1896. évi 515. oldalán (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bbpc.18960022310>).

Bernhard Heinrich Neumann 1890-ben beiratkozott a lipcsei egyetemre, ahol államvizsgázott, és 1894-ben *Friedrich Wilhelm Ostwald* (1853-1932) kémia professzornál (aki 1909-ben Nobel-díjat kapott) doktorált. 1904-ben a Darmstadti Műszaki Egyetem adjunktusa, 1906-ban docense lett. 1914-től a Technische Hochschule Breslau kémia-technológiai tanszékét vezette, és 1932-1933 között annak rektora is volt. *Neumann* 1946-ban Freibergben telepedett le, és 1948 és 1951 között a TU Bergakademie Freiberg egyetem szerves kémia tanszékét vezette. ([https://de.wikipedia.org/wiki/Bernhard_Neumann_\(Chemiker\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Bernhard_Neumann_(Chemiker)))

¹⁴³ *Max Julius Louis Le Blanc* (1865, Barten, Kelet-Poroszország – 1943, Lipcse) egyetemi magántanár a Lipcsei Egyetemen (Universität Leipzig). „Lehrbuch der Elektrochemie” című könyvét többször is kiadták. Az első, 1896. évi kiadás elektronikus formában például itt: <https://books.google.lu/books?id=MG1ZAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false>, a negyedik, 1906. évi kiadás elektronikus formában például itt: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bbpc.19070130906> érhető el.

Max Le Blanc 1883 és 1886 között a tübingeni, a müncheni és a berlini egyetemen tanult kémiát. Doktori fokozatát *August Wilhelm von Hofmann* (1818-1892) kémia professzornál Berlinben szerezte, majd *Friedrich Wilhelm Ostwald* (1853-1932) kémia professzor (aki 1909-ben Nobel-díjat kapott) asszisztenseként dolgozott Lipcsében (habilitáció: 1891, professzor: 1895), ahol 1896 nyári szemeszteréig tanfolyamokat is tartott. 1896-1901 között a Frankfurt am Mainban található Farbwerke Hoechst elektrokémiai részlegén, 1901-1906 között a Karlsruhei Műszaki Egyetem új fizikai és elektrokémiai tanszékén dolgozott. 1906-ban visszatért a lipcsei egyetemre, ahol 1933-ig a Fizikai és Elméleti Kémiai Intézetet vezette. 1925-től 1926-ig az egyetem rektora volt. 1907-ben a Szász Tudományos Akadémia (Sächsische Akademie der Wissenschaften) rendes tagja lett. (https://de.wikipedia.org/wiki/Max_Le_Blanc)

Minél kevésbé nemes a fém, azaz minél kisebb, illetve negatívabb az elektródpotenciálja, annál nagyobb az oldástenziója. Minél nemesebb a fém, azaz minél nagyobb, illetve pozitívabb az elektródpotenciálja, annál kisebb az oldástenziója. (<https://www.chemieschule.de/KnowHow/Lösungstension>)

Az oldástenzió nagysága az ionképződés során nyert energia és a rácsenergia¹⁴⁴ közötti különbségtől függ. Minél nagyobb a különbség az ionképződés során nyert energia és a rácsenergia között, annál nagyobb az oldástenzió, és fordítva. Ha két különböző fémlemez vízbe merítünk, akkor az oldástenziók különbségét a *Volta*-elem elve alapján voltmérővel feszültség-különbségként mérhetjük.

(<https://www.chemieschule.de/KnowHow/Lösungstension>)

Az oldástenzióval szemben a fémionok azon hajlamát, hogy elektronokat vegyenek fel, és így fématomokat képezzenek, kicsapódási feszültségnek (németül: Abscheidungsdruck) nevezzük. (Ziegler et al., 2014)

Az oldatba kerülő ionok és az elektródán¹⁴⁵ kicsapódó ionok mennyisége, azaz a fémek oldódási feszültsége (németül: Lösungsdruck des Metalls) és az ionok kicsapódási feszültsége (németül: Abscheidungsdruck der Ionen) egyensúlyban van. (Ziegler et al., 2014)

A fémek oldódási feszültsége (oldástenziója) és az ionok kicsapódási feszültsége egyensúlyának kutatása és törvényszerűségének meghatározása *W. Nernst*¹⁴⁶ nevéhez fűződik, aki ezirányú kutatási eredményeit az 1889-1904 években összegezte (Nernst, reprint, 2003).

¹⁴⁴ A rácsenergia az 1 mol kristályos anyag szabad ionokra bontásához szükséges energia. A rácsenergia akkor szabadul fel, ha egy kristályos anyag 1 mólja a teljesen szétválasztott és egymástól végtelen távolságban gondolt ionokból keletkezik. A rácsenergia az ionokat rácsban összetartó erők mértéke. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

¹⁴⁵ Az elektródok a fémes vezetők azon helyei, amelyek az ionos vezetéshez való átmenetet létrehozzák; más szóval az elektródok elektrolittal érintkező vezetők. Az elektrolitok pedig olyan anyagok, amelyek vizes oldata vagy olvadéka vezeti az elektromos áramot. (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981)

¹⁴⁶ Hermann Walther Nernst (1864, Briesen, Poroszország – 1941, Berlin) német Nobel-díjas (1921) vegyész és fizikus. Egyetemi tanár volt Göttingenben (1891), majd Berlinben (1905), ahol az Universität Berlin rektora lett; 1922-1924 között a berlini Physikalisch-Technische Reichsanstalt intézetnek volt az elnöke.

A Magyar Tudományos Akadémia 1899. május 5-én a tiszteleti tagjai sorába választotta. (Markó et al., 2003)

Hermann Berg írta a Nernst-életmű reprint kiadásának (2003) bevezető tanulmányában, hogy Walther Nernst az 1890-1930 közötti évek legjelentősebb fiziko-kémikusainak volt az egyike.

Nernst 1889-ben vezette le az ionos oldatok elektródpotenciáljára vonatkozó, róla elnevezett egyenletet. Az elektrolitok szabad ionjai tárgyú, Friedrich Wilhelm Ostwald lipcsei professzorral (akinek a fizikai-kémiai intézetben a tanársegéde volt) közösen írt, „Über freie Ionen” című dolgozata a Lipcsében kiadott Zeitschrift für Physikalische Chemie folyóirat 3. számának (1889) 120-130. oldalán, az oldatokról szóló „Zur Theorie der Lösungen” című önálló tanulmánya ugyane folyóirat 38. számának (1901) 487-500. oldalán jelent meg. (Nernst, H. W., reprint, 2003)

1906-ban felállította a termodinamika róla elnevezett harmadik főtételét (1.5.04. ábra), és a kvantumelmélettel összefüggésben vizsgálta az alacsony hőmérsékletű szilárd testek fajhőjét. (Nernst, H. W., reprint, 2003), (<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Nernst.htm>)

Nernst a kutatásaihoz szellemes megoldású műszereket szerkesztett, mint például a fűtőérték meghatározására 20 kelvin hőmérsékletig használható kalorimetrikus bomba, a platinatermométer, az 1 µg pontosságú mikromérleg, a spektrofotométer két fényforrással stb. A technikai fejlesztések iránti vonzalmára jellemző, hogy 1930-ban egy újdonságnak számító elektromos zongorát készített. (Nernst, H. W., reprint, 2003)

Hermann Walther Nernst 1933-ban nyugdíjba ment, de ezt követően is felkereste Berlinben a Porosz Tudományos Akadémia (Preußische Akademie der Wissenschaften) üléseit. (Nernst, H. W., reprint, 2003)

Számon tartják, hogy felírta a róla elnevezett elektrokémiai *Nernst-egyenletet* (1.5.04. ábra). (Ziegler et al., 2014), (<https://de.wikipedia.org/wiki/Nernst-Gleichung>).

Nernst, Walter, *1864., fizikokémikus, berlini egyet. tanár, a hőtan kitűnő kutatója 1921. Nobel-díjjal tüntették ki. Nernst-tétel, a termodinamika harmadik főtétele, mely szerint az abszolút nullapont elérése lehetetlenség. Ez azzal a következménnyel jár, hogy a hő teljes egészében munkává átalakítani nem lehet, mert a körfolyamatot végző testet az abszolút zéruspontig kellene lehűteni.	https://adt.arcanum.com/hu/view/Lexikon_PestiHirlapLexikona/?query=Nernst-tétel
*Nernst-tétel. A termodinamika ú. n. harmadik főtétele; azt mondja ki, hogy az abszolút nullaponton a gáz entrópiaváltozása zérus. Más szavakkal: a hő teljes egészében nem alakítható munkává, amit az első két főtétel megengedne, ha le tudjuk hűteni a körfolyamatot végző testet zéruspontig. A N. tehát az abszolút nullapont elérhetetlenségét fejezi ki.	https://adt.arcanum.com/hu/view/RevaiLexikon_21_pot/?query=Nernst-tétel

1.5.04. ábra: Szócikk a *Nernst-tétel*ről a Pesti Hírlap Lexikonának (1937) 779. oldalán (fenn) és Révai Nagy Lexikona XXI. (pót)kötetének (1935) 642. oldalán (lenn)

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>

Lásd még: Elektródpotenciál, Elektrokémiai feszültségi sor, *Volta*-elem

Oldási potenciál

Lásd: Redoxi potenciál

Oldódásos betonkorrózió

Angolul: Acid attack concrete corrosion, Concrete corrosion due to acid attack

Németül: Lösende Betonkorrosion

Az oldódásos korrózió a cementkötőanyagú betonok külső kémiai korróziójának egyik fajtája.

A betonok oldódásos korróziója főképp annak a következménye, hogy a savak, a cserebomlásra hajlamos sók, egyes növényi, valamint állati zsírok és olajok kioldják – elsősorban – a cementkő könnyen oldódó mészvegyületeit, miközben a beton felülete általában lassan elmállik. (*Palotás*, 1979)

Oldódásos betonkorróziót a megszilárdult betonnal érintkező agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok, lágyvizek így például a vízben oldott agresszív széndioxid, a magnéziumionok, ammóniumionok, savak, továbbá a lágyvizek okozhatnak, és okozhatja a biológiai aktivitás is (*Balázs – Kausay et al.*, 2017. és 2019).

Oldódásos korrózióknak tekintjük a beton károsodását, ha a korrodáló oldat (extrahálóoldat) hatására a cementkő kalcium-tartalmú fázisai, mint a szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) vagy a kalcium-szilikát-hidrát fázisok (C-S-H fázis, $3\text{CaO} \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) fizikailag feloldódnak, kilúgozódnak vagy jelentősebb kémiaiag duzzadás nélkül átalakulnak. A beton oldódásos korróziója során a cementkő nehezen oldható fázisaiból könnyen oldódó reakciótermékek képződnek. Az oldódásos korrózió a beton porozitásának növekedéséhez és – lényegében a szövetszerkezet szétmorzsolódása nélkül – szilárdságának csökkenéséhez, akár elvesztéséhez vezet (*Balázs L. Gy. – Kausay T. et al.*, 2017. és 2019).

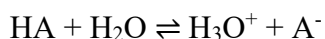
A beton oldódásos korróziójának jellemzője, hogy mindig külső hatásra, az anyag felületéről indul meg. Az oldódásos korrózió a cserebomlásra hajlamos sók, a savak, az egyes állati zsírok,

növényi zsírok és zsíros olajok mészvegyület-átalakító-, illetve -kioldóképességének következménye, amellyel az agresszív vizek – köztük a szennyvizek –, egyéb agresszív folyadékok, agresszív gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok rendelkeznek (*Benedix*, 2008).

Az MSZ 4798:2016 betonszabványban a természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek okozta kémiai korrózió hatásának kitett betonokat az XA1, XA2 és XA3, a szennyvizek, valamint egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió hatásának kitett betonokat az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolják (lásd *könyvünk 10. fejezetét*). A kémiailag agresszív hatóanyagok a beton duzzadásos vagy oldódásos korrózióját, esetleg egyidejűleg mind a kettőt okozhatják (*Balázs L. Gy. – Kausay T. et al., 2017. és 2019.*).

Az oldódásos betonkorrózió elsősorban az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolandó betonok épségét veszélyezteti, de oldódásos betonkorróziót a természetes talajok és talajvizek (XA1, XA2 és XA3 környezeti osztály) agresszív széndioxid- (CO_2 -) tartalma, és ammóniumionok (NH_4^+), valamint magnéziumionok (Mg^{2+}) jelenléte is okozhat.

A német DAfStb Heft 620. helyzetértékelő jelentésben (*Gerlach et al., 2016*) olvashatjuk, hogy a savak és bázisok ionos vegyületek, amelyek vizes oldatokban lépnek reakcióba. A savak olyan molekuláris anyagok, amelyek protonokat (H^+ hidrogénionokat) tudnak leadni (protondonor), miközben egy anion (bázist) marad vissza. A vízmolekula átveszi a sav protonját (HA), létrehozva egy hidroniumiont (H_3O^+ , más néven oxóniumiont) és egy aniont (A^-):



A bázisok pedig olyan molekuláris anyagok, amelyek képesek a savak leadta protonokat felvenni (protonakceptor).

Ezt a proton-leadási-felvételi reakciót *protolízisnek* nevezik. Alapvetően mindig két egymásnak megfelelő (konjugált), egymással egyensúlyban lévő sav-bázis pár ($\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$ és HA/A^-) vesz részt a protolízis reakcióban. Az egyensúly azt jelenti, hogy a pK_S és pK_B exponens értéke követi a $\text{pK}_\text{S} + \text{pK}_\text{B} = 14$ törvényszerűséget. Minél erősebb a sav, annál kisebb a pK_S savexponens értéke, és a protolízis egyensúlya annál jobban eltolódik a „ $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$ ” egyenlet jobb oldala felé. (DAfStb Heft 620. → *Gerlach et al., 2016*)

Magyarázat (*Balázs L. – Kausay et al., 2019*):

A savak agresszivitása nemcsak a koncentrációtól, hanem az erősségüktől is függ. A savak erősségét az határozza meg, hogy az oldószerben (vízben) széthasadásuk (elektrolitos disszociáció) során mennyi protont adnak át a vízmolekuláknak. Ha egy sav vizes oldatában a disszociáció kb. 20-100%, akkor a sav erős; ha a disszociáció kb. 1-20%, akkor a sav mérsékelt erő; ha pedig a disszociáció kb. 0,1-1,0%, akkor a sav gyenge (*Neumüller szerk., 4. kötet, 1984*)

A savak erősségét az oldat koncentrációjának (c) függvényében a következő K_S savállandó (savdisszociáció állandó, savegyensúlyi állandó) fejezi ki (*Benedix, 2008*):

$$K_\text{S} = \frac{c[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot c[\text{A}^-]}{c[\text{HA}]}$$

ahol:

$c[\text{H}_3\text{O}^+]$ = hidroxónium-koncentráció, mol/dm^3

$c[\text{A}^-]$ = savmaradék-koncentráció (az A^- anion koncentrációja), mol/dm^3

$[\text{HA}]$ = sav-koncentráció (az A^- anion tartalmú sav koncentrációja), mol/dm^3

A K_S savállandó egyenlő 10-nek a $-\text{pK}_\text{S}$ -edik hatványával ($K_\text{S} = 10^{-\text{pK}_\text{S}}$), és fordítva, a pK_S savexponens (savállandó-hatványkitevő) egyenlő a K_S savállandó tízes alapú logaritmusának negatív értékével ($\text{pK}_\text{S} = -\log_{10} K_\text{S}$). Elektrolitos disszociáció esetén a pK_S -érték általában annál

nagyobb, minél gyengébb az elektrolit. Ha egy gyenge sav oldatában a nem disszociáló rész koncentrációja megegyezik a savion koncentrációjával, akkor a pK_s -érték azonos a pH-értékkel (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983).

Ehhez hasonlóan a bázisok erősségét kifejező K_B disszociációs egyensúlyi bázisállandó alakja az oldat koncentrációjának (c) függvényében a következő:

$$K_B = \frac{c[\text{OH}^-] \cdot c[\text{BH}^+]}{c[\text{B}]}$$

ahol:

$c[\text{OH}^-]$ = hidroxidion-koncentráció, mol/dm³

$c[\text{BH}^+]$ = a protolizált (a hidroxidionokat leadott) bázis koncentrációja (a BH^+ kation, azaz a bázisgyök koncentrációja), mol/dm³

$c[\text{B}]$ = bázis-koncentráció (a BH^+ kation tartalmú bázis koncentrációja), mol/dm³

és a bázisexponens (pK_B) a bázisállandó (K_B) negatív tízes alapú logaritmus (a $pK_B = -\log_{10} K_B$). (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

Megjegyzés: Az irodalomban előfordul, hogy a szögletes zárójelek helyett gömbölyű zárójeleket, a BH^+ helyett HB^+ jelölést alkalmaznak.

Néhány összetartozó sav és savmaradék pK_s sav-, illetve pK_B bázisexponensének értékét a Brønsted¹⁴⁷-féle sav-bázis elmélet (Brønsted, 1923): „Sav + H₂O $\rightleftharpoons$ H₃O⁺ + Bázis” összefüggése és a „ $pK_s + pK_B = 14$ ” törvényszerűség alapján (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984) az 1.5.O2. táblázatban tüntettük fel.

1.5.O2. táblázat: Néhány összetartozó sav és savmaradék pK_s sav-, illetve pK_B bázisexponensének értéke (<https://www.chemie.de/lexikon/Säurekonstante.html>) és (DAfStb Heft 620. → Gerlach et al., 2016)

Erősség	Nagyon erős sav			Erős sav			
pK_s	-10	-6	-3	-1,74	-1,32	2,13	3,14
Sav (HA)	HClO ₄	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ O ⁺	HNO ₃	H ₃ PO ₄	HF
Savmaradék (A ⁻)	ClO ₄ ⁻	Cl ⁻	HSO ₄ ⁻	H ₂ O	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	F ⁻
pK_B	24	20	17	15,74	15,32	11,87	10,68
Erősség	Nagyon gyengén bázikus			Gyengén bázikus			
Erősség	Közepesen erős sav			Gyenge sav		Nagyon gyenge sav	
pK_s	4,75	6,52	6,92	9,40	15,74	23	34
Sav (HA)	CH ₃ COOH	H ₂ CO ₃	H ₂ S	HCN	H ₂ O	NH ₃	CH ₄
Savmaradék (A ⁻)	CH ₃ COO ⁻	HCO ₃ ⁻	HS ⁻	CN ⁻	OH ⁻	NH ₂ ⁻	CH ₃ ⁻
pK_B	9,25	7,48	7,08	4,60	-1,74	-9	-20
Erősség	Közepesen bázikus			Erősen bázikus		Nagyon erősen bázikus	

A betonok oldódásos korrózióját a protolízis során képződő oxóniumionok (H₃O⁺) okozzák. Mint az 1.5.O2. táblázatban látni, a *szervetlen savak*, mint például a sósav (HCl), a kénsav (H₂SO₄) vagy a salétromsav (HNO₃), erős savak, amelyek vízben szinte teljesen disszociálnak; következésképpen az oxóniumionok nagy koncentrációja jön létre, ami kis pH-értéket eredményez az oldatban, és lehetővé teszi a kémiai korrodálóképesség (németül: chemisches Angriffspotential) kellő pontosságú becslését. A *szerves savak*, mint például a vajsav (C₄H₈O₂), az ecetsav (CH₃COOH) vagy tejsav (C₃H₆O₃), gyenge savak, amelyek vízben csak részben

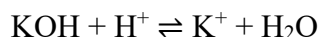
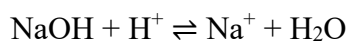
¹⁴⁷ Johannes Nicolaus Brønsted (1879, Varde – 1947, Koppehága) dán kémikus, a Koppenhágai Egyetem tanszékvezető professzora (1908). Termodinamikával foglalkozott, a savakról és bázisokról szóló, Brønsted-Lowry néven ismert proton elmélete 1923-ból származik.

disszociálnak; következésképpen az oxóniumionok (H_3O^+) a korrózió során elfogynak, és mivel a pH-érték csak a disszociált, úgy nevezett szabad oxóniumionokat tükrözi, – a korróziós folyamatban pedig a kötött oxóniumionok is részt vesznek – a pH-érték nem elegendő a kémiai korrodálóképesség (németül: chemisches Angriffspotential) kellő pontosságú becsléséhez. Az oldódásos betonkorrózió esetén az oxóniumionok betonkorrozív hatásán túl a protolízis reakció során keletkező sav anionját és a belőle képződött sókat is figyelembe kell venni, mert a korrózió folyamatát ezek is befolyásolják. (DAfStb Heft 620. → *Gerlach et al.*, 2016)

Savas hatások esetén a beton cementkő fázisai – és az oldódó adalék- és kiegészítőanyagok – az oxóniumionok (H_3O^+) hatására egymás után feloldódnak. Termodinamikai szempontból minden szilárd fázis oldatának megfelelő pH-értéke van, ha a cementkő egyes szilárd fázisainak pH-értéke ez alá esik, akkor a fázis elveszti stabilitását és oldatba megy át. Az egyes cementkő-fázisok eltérő stabilitása miatt a savas egyensúlyi reakcióknak jellegzetes sorrendje van (DAfStb Heft 620. → *Gerlach et al.*, 2016):

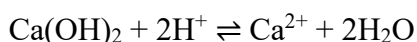
1) Az alkáli-hidroxidok semlegesítése

Savhatásra először a könnyen oldódó alkáli-hidroxidok oldódnak ki a beton pórusoldatából. Az oxóniumionok (H_3O^+) a beton felületi rétegébe (peremzónájába) diffundálnak, ami az oldható ionok (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) ellendiffúzióját okozza, például:



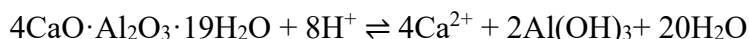
2) Portlandit (a cementkő szabad kalcium-hidroxidja, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) oldódása

A könnyebben oldódó anyagok kioldódása (kimosódása, kilúgozódása) a pórusoldatból a pH csökkenésére vezet. Mintegy $\text{pH} = 12,5$ értéktől a portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) destabilizálódik és feloldódik:



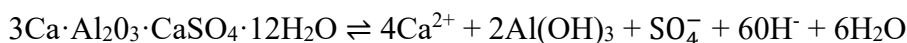
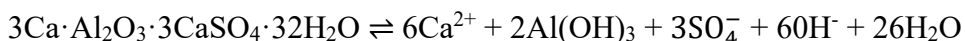
3) A kalcium-aluminát-hidrátok hidrolízise (vízmolekulák beépülése)

Ha a hidrogénion-koncentráció $\text{pH} = 11,8$ érték alá csökken, akkor a vízmolekulák a pH-értéktől függően beépülnek a cementkő különböző kalcium-aluminát-hidrátjaiba és hidroxidok képződnek. A különböző kalcium-aluminát-hidrátok destabilizálódnak:



4) Az ettringit ($\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) és a monoszulfát ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) fázisok hidrolízise (vízmolekulák beépülése)

Az ettringit hidrolízise $\text{pH} = 11,6$ értéknél, a monoszulfát hidrolízise $\text{pH} = 11,5$ értéknél kezdődik:

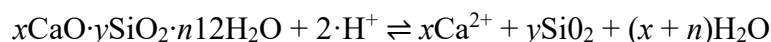


A keletkező reakciótermékek, mint az alumínium-hidroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$ és a vas-hidroxid $\text{Fe}(\text{OH})_3$ oldhatósága a pH-értéktől függ. Ez a két hidroxid a semleges tartományban csak gyengén oldódik. Az alumínium-hidroxid bázikus ($\text{pH} > 9,5$) és savas környezetben ($\text{pH} < 4$) egyaránt oldódik. A vas-hidroxid oldhatóságának alsó határa $\text{pH} = 3$ érték körül van, és a savkoncentráció növekedésével növekszik

5) A kalcium-szilikát-hidrát fázisok (C-S-H fázis, $3\text{CaO} \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) hidrolízise (vízmolekulák beépülése)

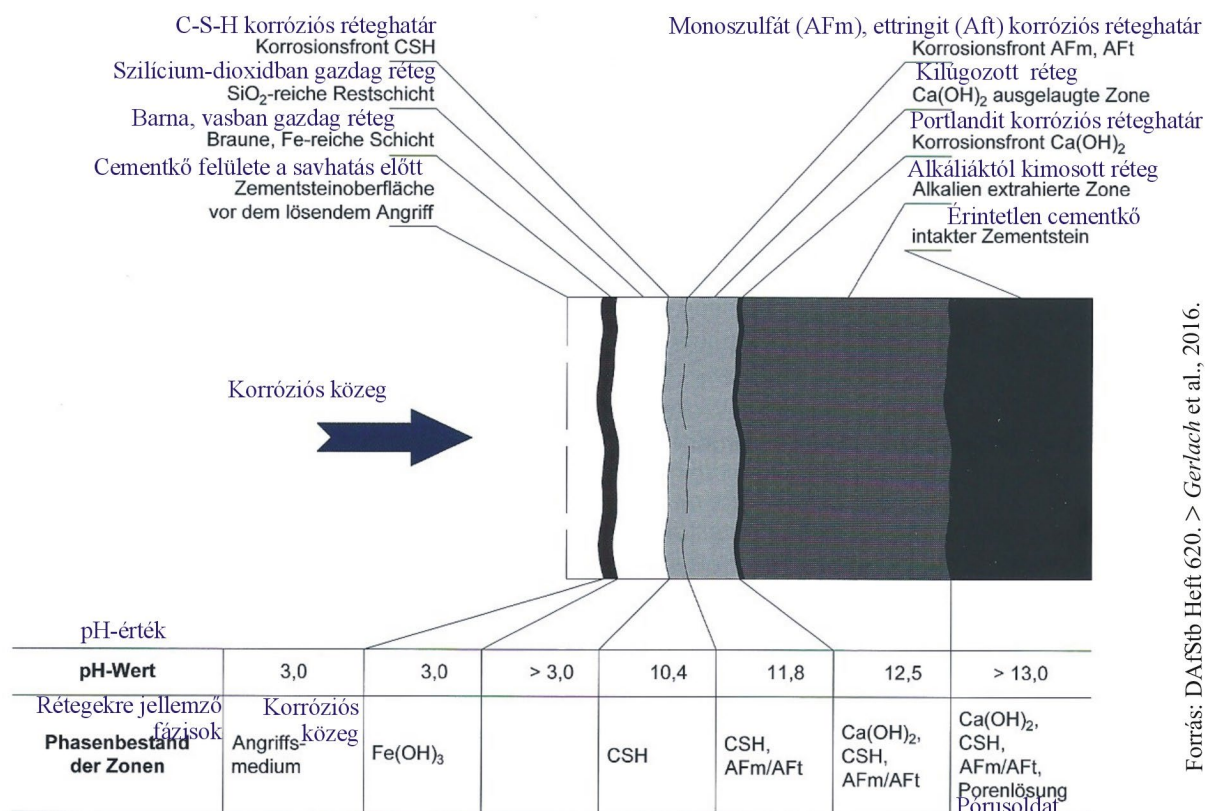
Ha a pórusoldat lúgos pufferolása (lúgos egyensúlyban tartása) a portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) folyamatos feloldódása miatt ellehetetlenül, akkor a szilárdságképző C-S-H fázisok instabillá

válnak. A C-S-H fázisok már $\text{pH} = 11,6$ értéktől sérülnek, és $\text{pH} = 10,4$ pH értéknél instabillá válnak. A hidrolízis során a kalciumban gazdag fázisok lassan kalcium-szegény fázisokká alakulnak, és a hidrolízis termékeként porózus szilikagél (amorf SiO_2) marad vissza:



Elvileg a C-S-H fázisok növekvő Ca/Si arány mellett érzékenyebbek a savas oldódásra, következésképpen könnyebben lebomlanak. A cement klinkerfázisainak hidratációjából származó kalciumban gazdag C-S-H fázisok ezért viszonylag gyorsan feloldódnak. Ezzel szemben a C-S-H fázisok, amelyek kevesebb kalciumionot tartalmaznak (puzzolános vagy latens hidraulikus reakció), lassabban oldódnak fel, és sűrűbb szilikagélt hagynak maguk után. (DAfStb Heft 620. → Gerlach et al., 2016)

Az oldódásos betonkorrozó savas egyensúlyi reakcióinak sorrendje többé-kevésbé megmutatkozik a beton korrozó rétegeiben (zónáiban) is. A savas támadó közeg és az erősen lúgos beton között pH-gradiens jelentkezik, amely gradiens mentén jellemző tulajdonságokkal rendelkező és összetételükben különböző rétegek alakulnak ki (1.5.05. ábra). (DAfStb Heft 620. → Gerlach et al., 2016)



Forrás: DAfStb Heft 620. > Gerlach et al., 2016.

1.5.05. ábra: $\text{pH} = 3$ hidrogénion-koncentrációjú sósav-oldattal megtámadt cementkő rétegszerkezete és a rétegek jellemző kémiai fázisai (DAfStb Heft 620. → Gerlach et al., 2016)

Az oldódásos betonkorrozó a még érintetlen – a savas közegnél magasabb energiaszintű – szilárd cementkő fázisok és a támadó közeg közötti fázishatáron kezdődik, és lényegében három szakaszban megy végbe (DAfStb Heft 620. → Gerlach et al., 2016):

- Az oxóniumionok (H_3O^+) szállítása a fázishatár-felületekre, illetve a cementkő részecskék felületi rétegébe.
- Kémiai reakció a reaktánsok (reagensek, a reakció kiindulási anyagai, jelen esetben az oxóniumionok) és a cementkő részecskék között.
- A reakciótermékek elszállítása a korróziós rétegből.

Ha nincs koptatóhatás, akkor a felső réteg vastagsága a reakcióidő előrehaladtával növekszik,

és csökken az oxóniumionok (H_3O^+) korróziós rétegbe szállítása és a reakciótermékek eltávolítása. Ennek eredményeként a korróziós réteghatár előrehaladási sebessége folyamatosan csökken, és megközelíti a felületi réteg eltávolításának sebességét. Ha ezek a sebességek azonosak, a felső réteg vastagsága állandó marad. (DAfStb Heft 620. → *Gerlach* et al., 2016)

A szállítási folyamat megtestesítője a diffúzió, de szerepet kap benne a hidrogénhidkötések átrendeződése is, amely nem az oxóniumionok (H_3O^+) hagyományos értelemben vett helyváltoztatása. (DAfStb Heft 620. → *Gerlach* et al., 2016)

Összefoglalva: Az oldódásos betonkorrózió lefolyását a beton tulajdonságai (porozitás, áteresztőképesség, kötőanyag minősége és mennyisége, adalékanyag fajtája és szemnagysága), a savas közeg fajtája, koncentrációja, pH-értéke, valamint a termodinamikai körülmények (hőmérséklet, nyomás, a károsodási folyamat reakciókinetikája, utóbbiba beleértve a reakciótermékek hatását) határozzák meg.

Lásd még: Acélbetét korróziója, Bázisállandó, Betonkorrózió, Duzzadásos betonkorrózió, Elektrolit, Elektrolitos disszociáció, Protolízis, Savak okozta betonkorrózió, Savállandó, Saválló beton és vizsgálata

Opál

Az opál ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$) amorf szilícium-dioxid, amelynek víztartalma 1-21 tömeg%, tehát tulajdonképpen kovasav, amelyet szilikának is neveznek.

Lásd még: Kvarc, Szilika

Outlier próba

Az angol „Outlier test” kifejezésből átvett matematikai statisztikai fogalom, amelynek tárgykörébe a kiugró értékű valószínűségi változók vizsgálata és kezelése tartozik (*Cserehádi*, 2004), (*Hartung* et al., 2009). A kiugró értékek (outlier) próbájának egyike a *Grubbs*-próba („*Grubbs*-féle módszer”, „*Grubbs*-teszt”), amelynek alkalmazásával az MSZ EN 13791:2019 szabványban találkozunk.

A „Outlier test” német elnevezése például: „Ausreißertest”

Lásd még: *Grubbs*-próba

Ozmózis

Az ozmózis két különböző telítettségű oldat kiegyenlítődése diffúzió által fél-áteresztő, például a nagy molekulájú oldott anyagot nem, de a kis molekulájú oldószert áteresztő hártyán keresztül.

Lásd még: Hidrotechnikai permeabilitás

Oxidáció

Az oxidáció – például elektrolitos disszociáció során lejátszódó – elektron-leadást jelent. Például: $2 \cdot \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ esetén a 0 oxidációs fokú hidrogén átadja az elektronját az oxigénnek, ezzel a hidrogén oxidációs foka +1 értékre növekszik, tehát oxidálódik.

(<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>)

Lásd még: Oxidációs folyamat, Elektrolitos disszociáció, Redukció

Oxidációs fok, Oxidációfok

Az oxidációs fok, oxidációfok fogalmát sokszor az oxidációs szám szinonimájaként értelmezik.

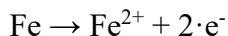
Más értelemben oxidációs fok, oxidációfok alatt a változó vegyértékű elemek oxidációs számát értik. Vannak változó vegyértékű elemek, amelyeknek az oxidációs száma többféle is lehet. Ha egy molekula tartalmaz legalább két azonos, de különböző oxidációs számú atomot – például a

vas(II,III)-oxidban (magnetit, Fe_3O_4 , $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$) a Fe –, akkor abban az atom oxidációs számainak a súlyozott számtani átlagát oxidációfoknak nevezik.

Lásd még: Oxidációs szám, Redoxi-folyamat

Oxidációs folyamat

Az oxidációs folyamat elektron leadással járó elektrokémiai folyamat, amelyet az elektrokémiában *anódos oxidációnak*, *anódos folyamatnak* neveznek. Oxidációs folyamat például a vas lyukkorrózióra vezető elektronleadása, amelynek során a vas oxidálódik:



Az oxidációs (anódos) folyamatot mindig redukció kíséri, mert a képződő elektronokat (e^-) a depolarizátorok (például: O_2 , H^+ -ion, Cl_2) felveszik. Fémkorrózió esetén az anódos és a katódos folyamat egyidejűleg játszódik le (*Ch. Fischer*, 2012).

(<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>)

Lásd még: Acélbetét korróziója, Redukciós folyamat

Oxidációs szám

Az oxidációs szám az egyes atomok oxidációs állapotának leírására szolgáló előjeles egész szám. Az elemi állapotú anyagok oxidációs száma 0 (nulla), a pozitív értékek oxidált, a negatív értékek pedig redukált állapotra utalnak. Az oxidációs szám jelzi az egyes atomok fiktív (kovalens kötés esetében, például HCl) vagy valós (ionos kötés esetében, például NaCl) elektromos töltését.

Az oxidációs szám a csak ionokból álló képzeletbeli molekulában lévő atom elektromos töltésének általános megnevezése, azaz egy elem oxidációs fokát jellemző előjeles egész szám. Az elemi állapotú anyagok oxidációs száma nulla; az oxidálószerké (elektronok leadására képes anyagok) annál nagyobb pozitív előjelű szám, minél könnyebben leadják az oxigénjüket, más anyagokat oxidálnak, ők maguk pedig redukálódnak; a redukálószerké (elektronok felvételére képes anyagok) annál nagyobb negatív előjelű szám, minél inkább felveszik az oxigént, más anyagokat redukálnak, ők maguk pedig oxidálódnak.

Az oxidációs szám kiszámításának főbb szabályai a következők:

- Egyatomos ionoknak az oxidációs száma megegyezik az ion töltésével.
- Több atomból álló atomcsoport (vegyületek, molekulák) esetén az egyes atomok oxidációs számainak összege megegyezik az atomcsoport elektromos töltésével. Tehát a kifelé semleges töltést mutató molekulák esetén az oxidációs számok összege nulla. Ha az oxidációs számok összege nem nulla, akkor a részecske elektromos töltéssel rendelkezik.
- Az elem oxidációs száma vegyületben más és más lehet,
 - például az oxigén legtöbbször -2 oxidációfokú, kivéve a peroxidokat és a szuperoxidokat, ezekben -1 , illetve $-0,5$; valamint a fluorral alkotott vegyületeit, melyekben $+1$;
 - a hidrogént és a periódusos rendszer 1. oszlopában (a régi jelölés szerinti I. főcsoportjában) lévő elemeket mindig $+1$ oxidációs számmal jellemezhetjük, kivéve a fémhidridekben (hidrogén fémekkel alkotott vegyületeiben), ahol ez -1 ;
 - a fluor mindig -1 oxidációs számot kap a vegyületeiben.

Az oxidációt és a tőle el nem választható redukciót az oxidációs számok változása kíséri. Az ilyen változással járó folyamatokat redoxi-folyamatnak, redoxi-reakciónak nevezzük.

Az oxidációs szám nem azonos a vegyértékkel. (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983), (*Wikipédia*)

Lásd még: Oxidációfok, Redoxi-folyamat

Oxidálószerrek

Lásd redoxi-folyamat

Oxosavak, oxigénsavak

Oxosavaknak – más néven oxigénsavaknak – azokat a szervesetlen savakat nevezzük, amelyeknek az anionjai oxigént tartalmaznak. Szervesetlen oxosav például a salétromsav (HNO_3), amelynek az anionja a nitrátion: NO_3^- , vagy a kénsav (H_2SO_4), amelynek az anionja a szulfátion: SO_4^{2-} stb.

A szerves oxosavak alatt általában az oxokarbonsavakat értik. Az oxokarbonsavak olyan karbonsavak, amelyek a karboxil-csoporton (COOH) kívül egy karbonil-csoportot (CO) is tartalmaznak. (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

Lásd még: Savak, Savak visszamaradt része

Oxo-vegyületek

Az oxo-vegyületek általában olyan vegyületek, amelyekben az oxigén-atom mindkét vegyértékével, tehát kettős kötéssel kapcsolódik ugyanahhoz az idegen atomhoz. Az oxo-vegyületekben egy vagy több ilyen, kettős kötéssel kapcsolódó oxigén-atom van. Oxo-vegyület például a hidrogén-oxo-aluminát ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{O}_4$). (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

Öko-beton, Eco-Beton

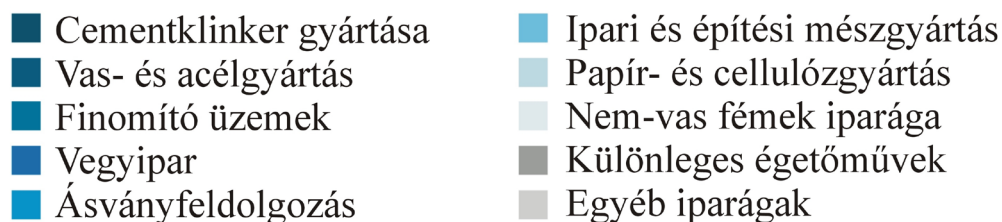
Öko → ökológia, görög eredetű szó, jelentése: környezetbarát

Idegen nyelven az öko-betont sokszor zöldbetonnak nevezik (például angolul: green concrete)

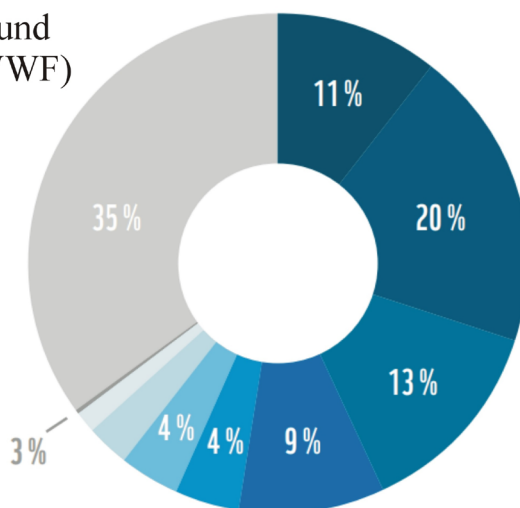
Az öko-beton környezetkímélő módon tervezett beton. Öko-betonnak, olykor „Eco-Beton”-nak azt a betont nevezik, amelynek készítése, beleértve összetevőinek gyártását is, tudatos tervezés eredményeképpen viszonylag kevésbé károsítja a környezetet, mert a szokásosnál kisebb széndioxid-kibocsátás (CO_2 -kibocsátás) tartozik az életciklusához.

Tudósok általános véleménye szerint az utóbbi évtizedekben tapasztalt földi felmelegedésért, klímaváltozásért leginkább emberi tevékenység, az üvegházhatást (a légkör hővisszatartóképességét) fokozó szén-dioxid-kibocsátás okolható.

A betonhoz fűzhető szén-dioxid-kibocsátás fő forrása a cement, azon belül a portlandcementklinker (MSZ EN 197-1:2011), amelynek gyártása során felszabaduló széndioxid mennyiségét a statisztikák a világ szén-dioxid-kibocsátásának 5-8 százalékára, a német iparon belül mintegy 11 százalékra teszik (1.5.Ö1 ábra).

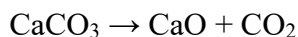


Forrás:
World Wide Fund
For Nature (WWF)
Németországi
Szervezete.
Berlin, 2019.



1.5.Ö1. ábra: A német ipari szén-dioxid-kibocsátás megoszlása iparáganként 2017-ben (https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf)

A portlandcementklinker mintegy 60 tömegszázaléknyi kalcium-oxid-tartalma voltaképp a cement gyártásának tulajdonítható szén-dioxid-kibocsátás „lábnyoma”, amelynek mintegy 50%-a a kalcinálás során a nyerslisztben lévő mészkőörlemény



képlettel leírható kiégéséből (németül: Entsäuerung des Kalksteins → a mészkő savtalanodása a szén-dioxid távozása folytán), 35%-a a tüzelőanyagok égéséből, 12%-a a klinkerörlésből és 4%-a a szállításból ered.

Bár a cementipar a klinkerégetéshez használt szén-dioxid-semleges másodlagos tüzelőanyagok fokozott alkalmazásával az utóbbi években sokat tett a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséért, fontos ökológiai cél a beton – mintegy 60 tömeg% kalcium-oxidot (CaO) tartalmazó – portlandcementklinker-tartalmának csökkentése, részben az egyébként is kisebb energia-befektetéssel gyártható CEM II és CEM III cementfajta alkalmazásával a CEM I portlandcement helyett, részben pedig a cementtartalmat csökkentő, főképp természetes eredetű, kellő mennyiségben előforduló – például metakaolin, kalcinált agyag stb. –, a tartósság szempontjából egyébként is előnyös, II. típusú, kalcium-oxidot alig tartalmazó kiegészítőanyagok alkalmazásával. (Thienel et al., 2013)

Az öko-betonok előnyösen alkalmazhatók az XC, XD, XF, XA és XV környezeti osztályú betonok készítéséhez.

A Grazi Műszaki Egyetemen (Technische Universität Graz) végzett osztrák kutatási eredmények azt mutatják, hogy a C25/30 és C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonokkal azonos bedolgozhatóságú, azoknál általában nagyobb nyomószilárdságú és tartósabb „Eco-Beton”-nak nevezett öko-betonokat mintegy 20 százalékkal (esetenként akár 30 százalékkal) kisebb szén-dioxid-kibocsátás és 10-20 százalékkal kisebb elsődleges energiaigény jellemzi, mint amekkora a nagy mennyiségben gyártott C25/30 és C30/37 nyomószilárdsági osztályú hagyományos betonokat terheli. A grazi „Eco-Beton”-t a németül Mikro-füller-nek (angolul

micro-filler-nek) nevezett szokásos II. típusú kiegészítőanyag (például szilikapor) adagolása mellett, az annál is finomabb úgy nevezett „Eco-Füller” (angolul: eco-filler) alkalmazásával készítették, amellyel a portlandcement egy részét helyettesítették. Az „Eco-Füller” üvegház-potenciálja (GWP) és elsődleges energiaigénye (PE) kisebb, mint a portlandcementé. (Juhart et al., 2015)

Az öko-betonok, illetve a kis portlandcementklinker-tartalmú betonok alapján véve lassan szilárdulnak, ezért a grazi kutatók a vasbeton-előregyártási alkalmazásokhoz olyan „mikro”- és „eco”-kiegészítőanyag-tartalmú öko-beton összetételeket is kidolgoztak, amelyek megfelelnek betonelemgyári betonok gyors kizsaluzhatósága követelményének. Az ilyen öko-betonoknak kisebb az üvegházhatása, mint a hagyományos előregyártott betonoké, jól bedolgozhatók, nagy a korai szilárdságuk és jó a kültéri elemek tekintetében különösen fontos tartósságuk. Az osztrák „előregyártási öko-betonokat” mintegy 60-95 kg/m³ cement-megtakarítás jellemzi.

A porozitás, a víz behatolási mélység, a karbonátosodási sebesség, a klorid-diffúziós együttható, a fagyállóság és a pH-érték vizsgálati eredmények bizonyossága szerint az osztrák „előregyártási öko-betonok” az ECPC (equivalent concrete performance concept) egyenértékű betontulajdonságok elvének (MSZ 4798:2016) megfelelően kielégítik a környezeti osztályok követelményeit. Az összehasonlító kísérletek eredményeire az 1.5.Ö1. táblázatban találhatók példák. (Juhart et al., 2019, No. 3. és No. 4.)

1.5.Ö1 táblázat: Példák a hagyományos és az egyenértékűnek tekintett osztrák „előregyártási öko-betonok” összetételére és tulajdonságaira (Juhart et al., 2019, No. 4.)

Jelölés	R-0,53 CEM II	R-0,53 CEM I	E-0,59 GG	E-0,53 GG	E-0,59 CAL	E-0,53 CAL
CEM:GG:EF:MF arány, tömeg%	100:0:0:0	100:0:0:0	64:13:16:7	64:13:16:7	64:0:29:7	64:0:29:7
	Referenciabetonok		Osztrák „előregyártási öko-betonok”			
Alkotóanyagok	Összetétel, kg/m ³					
CEM II/A-S 52,5 N	330,0	–	–	–	–	–
CEM I 52,5 R	–	330,2	235,6	250,4	251,1	267,8
GG → GGBFS	–	–	49,8	52,9	–	–
EF → EF-CAL	–	–	58,1	61,8	111,5	118,9
MF → MF-CAL	–	–	26,7	28,4	26,5	28,3
Adalékanyag, <i>D</i> _{max} = 16 mm	1880,6	1874,1	1843,0	1839,2	1871,3	1868,2
Víz	174,4	174,9	168,5	160,9	148,7	141,4
PCE folyósítószer	1,5	1,3	1,2	1,7	2,2	3,7
Víz-kötőanyag, víz-klinker, víz-(lisztfinomságú szemek) tényező, tömegarány						
w/b víz/kötőanyag	0,53	0,53	0,59	0,53	0,59	0,53
w/k víz/klinker	0,70	0,59	0,79	0,71	0,66	0,59
w/p víz/≤0,125 mm	0,53	0,53	0,46	0,41	0,38	0,34
Jelölések magyarázata: GG → GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag) = Örölt granulált kohósalak EF → EF-CAL („Eco-Füller” Kalksteinmehl) = „Eco-Füller” mészkőliszt töltőanyag MF → MF-CAL (Kalksteinmehl) = „Mehlfüller” finom mészkőliszt töltőanyag PCE = Polikarboxilat-éter Megjegyzés: Az osztrák „előregyártási öko-betonok” mészkőliszt-tartalmuknál fogva az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályú betonok készítésére gyakorlatilag nem alkalmasak. (MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018)						

Az 1.5.Ö1. táblázat folytatódik

Az 1.5.Ö1. táblázat folytatása

Jelölés	R-0,53 CEM II	R-0,53 CEM I	E-0,59 GG	E-0,53 GG	E-0,59 CAL	E-0,53 CAL
	Referenciabetonok		Osztrák „előregyártási öko-betonok”			
Tulajdonságok						
A10, mm	480	525	510	600	535	490
A30/A10	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	–
$f_{cm,1}$, N/mm ²	18,5	28,3	18,8	25,4	33,1	42,1
$f_{cm,28}$, N/mm ²	54,2	61,7	56,2	67,7	67,3	85,9
Nyitott porozitás, %	10,5	11,3	10,2	9,5	9,6	9,1
Vízbehatolási mélység, mm	16,0	15,0	11,5	5,0	7,5	8,9*
Karbonátosodási sebesség (ráta), K_{AC} , $\frac{mm}{\sqrt{nap}}$	0,50	0,32	0,71	0,32	0,38	0,05
Klorid-diffúziós együttható, D_{nss} , m ² /s	$7,3 \times 10^{-12}$	$6,2 \times 10^{-12}$	$5,9 \times 10^{-12}$	$3,2 \times 10^{-12}$	$1,5 \times 10^{-11}$	$5,9 \times 10^{-12}$
XF1 fagyállóság, tömegvesztesség %	0,13	0,09	0,12	0,13	0,10	0,09
pH-érték	12,6 ± 0,1					
GWP, kg CO ₂ -equ/m ³	259,7	273,2	199,7	212,3	212,5	228-5
PEt, MJ/m ³	1401,9	1476,5	1184,1	1264,5	1257,6	1407,0
Tulajdonságok és jelöléseik magyarázata: A10 = Területi mérték a víz hozzáadása után 10 perccel A30 = Területi mérték a víz hozzáadása után 30 perccel $f_{cm,1}$ = Korai átlagos nyomószilárdság a beton 1 napos (24 órás) korában $f_{cm,28}$ = Átlagos nyomószilárdság a beton 28 napos korában A K_{AC} karbonátosodási rátát (karbonátosodási együtthatót) az ÖN EN 12390-12:2018 szabvány szerint határozták meg. A D_{nss} klorid-diffúziós együtthatót az ÖN EN 12390-11:2015 szabvány szerint mérték. A fagyállóság vizsgálatot bemeztéses kockavizsgálattal, az XF1 környezeti osztálynak megfelelően, az ONR 23303:2010 osztrák normatív dokumentum szerint végezték. A fagyasztó közeg víz, a ciklusok száma 56 volt. A pH-értéket 28 napos korú 4 mm legnagyobb szemnagyságú habarcs próbatest 2 mm alatti töretének szuszpenzióján határozták meg. GWP = A GWP üvegház-potenciál az 1 m ³ térfogatú betont terhelő szén-dioxid-kibocsátás kg-ban. PEt = Az 1099/2008/EK rendelet szerinti, 1 m ³ beton gyártását terhelő összes elsődleges energiaigény * Csak egy vizsgálat eredménye						

A klorid útpályaszerkezetekbe való behatolásáról *Kapteina, G.* (2013) írt modellt.

Lásd még: Kalcinálás, Üvegház-potenciál, Egyenértékű betontulajdonságok elve, Elsődleges energiaigény

Öntömörödő beton (ÖTB)

Angolul: Self-compacting concrete (SCC)

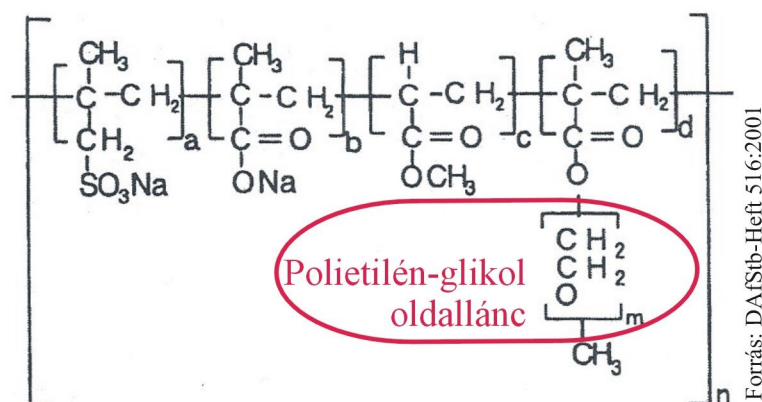
Németül: Selbstverdichtender Beton (SVB)

Az öntömörödő beton az 1990-es évek közepén Japánban (*Okamura et al.*, 1995) kifejlesztett különleges beton, amely saját súlyánál fogva terül és tömörödik; terülés közben

szétosztályozódás és „árnyék képződés” (hézag hátrahagyása) nélkül kitölti a vasszereléssel ellátott zsaluzatot. (MSZ EN 206-9:2010 visszavont)

Az öntömörödő beton folyós habarcsból és durva adalékanyagból, polikarboxilát-éter (PCE) alapú folyósítószerrel és stabilizálószerrel, a szükséges viszkozitásnak megfelelő összetétellel készül.

A polikarboxilát-éter (PCE) alapú folyósítószernek úgy nevezett harmadik generációs folyósító adalékszer¹⁴⁸. Kifejlesztésüket az a tény szükségessé, hogy az első és a második generációs folyósítószer hatásideje rövid, túlادagolásuk a beton szétosztályozódását okozza, és nincs, vagy csak nagyon gyenge „szterikus gátlásuk”¹⁴⁹ van, amiért öntömörödő beton készítésére lényegében alkalmatlanok. A polikarboxilát-éter molekula jellegzetes szerkezetét az 1.5.Ö2. ábra mutatja. E folyósítószer makromolekuláihoz polietilén-glikol (CH₂-CH₂-O) oldalláncok kapcsolódnak, amelyek a polikarboxilát-étereket szterikus hatásúvá és öntömörödő beton készítésére alkalmassá teszik. (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)



1.5.Ö2. ábra:

A polikarboxilát-éter molekula jellegzetes szerkezete (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

Az öntömörödő betonok a stabilitási folyási határ ($\tau_{0,c}$) alatt hajlamosak a szétosztályozódásra. A bedolgozást követő nyugalmi állapotban a szétosztályozódást mozgató nyírófeszültség és a tixotropia megszűnik (1.5.Ö3. ábra). Tixotropiának ez esetben a nyírófeszültség nagyságának és hatásidejének függvényét képező reverzibilis viszkozitás- és folyáshatár-

¹⁴⁸ Az első generációs folyósítószer, amelyeket az 1960-as években fejlesztettek ki, lignin-szulfonát alapú képlékenyítők, amelyeket papírgyártási melléktermékekből gyártanak. Képlékenyítő hatásuk általában 15-30 perc. (Pásztor, 1984), (Buday, 1999), (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

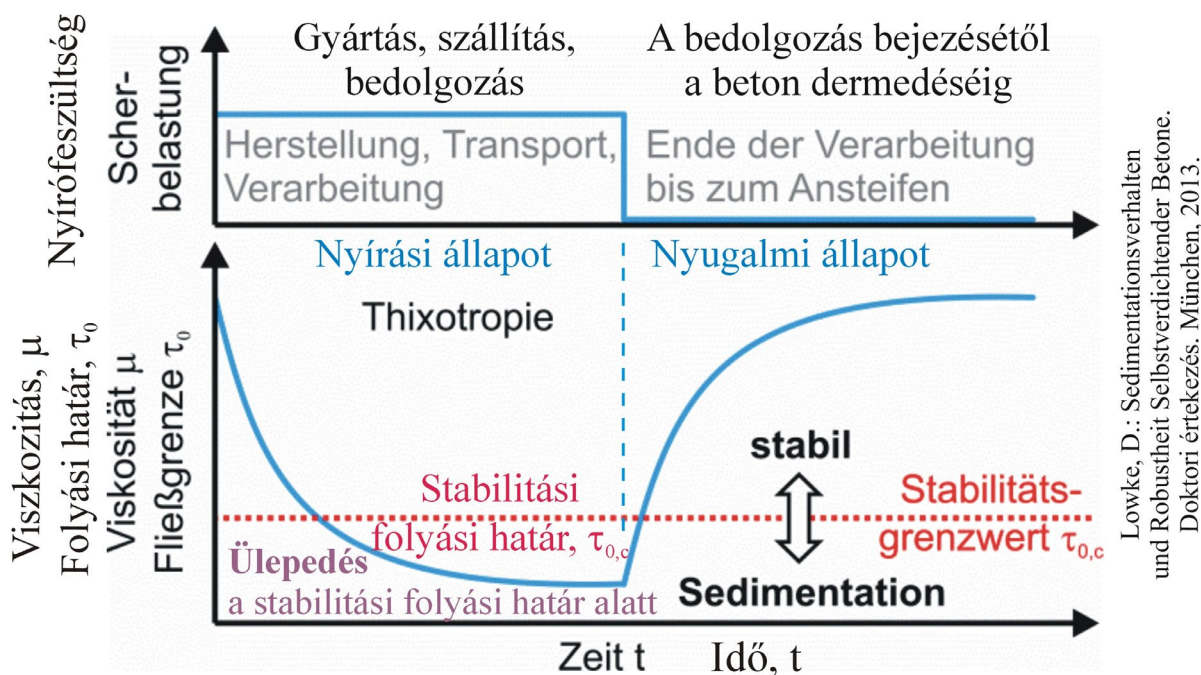
A második generációs folyósítószer az 1970-es években Németországban és Japánban ugyanabban az időben kifejlesztett adalékszer, amelyeket az irodalomban szuper-folyósítószernek is neveznek, melamin-formaldehid-kopolimer (német fejlesztés) és naftalin-formaldehid-kopolimer (japán fejlesztés) alapú szintetikus szulfonátok. Folyósító hatásuk általában 30-45 perc. (Pásztor, 1984), (Buday, 1999), (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

Ezek az első és második generációs, hagyományosnak is nevezett folyósítószer főképp elektrosztatikusan hatnak; szerves makromolekulákból állnak, amelyek kovalensen kötődnek a szulfonsavcsoportokhoz (-SO₃). A hidrophil szulfonsav csoportokat a pozitív töltésű liszt szemcse felületek és a keletkező hidratációs termékek adszorbeálják, így minden részecske negatív töltésű. Folyósító hatásuk abból adódik, hogy a negatív töltésű részecskék taszítják egymást, és ezért nem agglomerálódnak. (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

Az 1990-es években Japánban, a Tokiói Egyetemen (The University of Tokyo) kifejlesztett harmadik generációs folyósítószer például észterkötéseken keresztül kapcsolódó karboxil-csoportokat hordozó makromolekulákból állnak. Az eltérő tulajdonságú, különböző makromolekulák összekapcsolódva úgy nevezett kopolimereket (a polimerizálódó monomereket építőköként tartalmazó makromolekulákat) alkotnak; a cementrészecskék által adszorbeált polimer mekaniikai taszítóhatása (szterikus gátlás) pedig megakadályozza a cementrészecskék agglomerációját, és ezáltal növeli a folyóképességet. A harmadik generációs folyósítószer hosszú hatásúak. (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

¹⁴⁹ A „szterikus gátlás” (angolul: Steric hindrance; németül: Sterische Hinderung) kémiai térbeli akadályozottságot jelent, amellyel részletesebben könyvünk „Szterikus gátlás” szócikkében foglalkozunk.

csökkentési folyamatot nevezik. Cementalapú szuszpenziók esetén a szilárd részecskék szemmagyságának csökkenésével a nyírófeszültség nagysága és hatásideje növekszik. (Lowke, 2013)

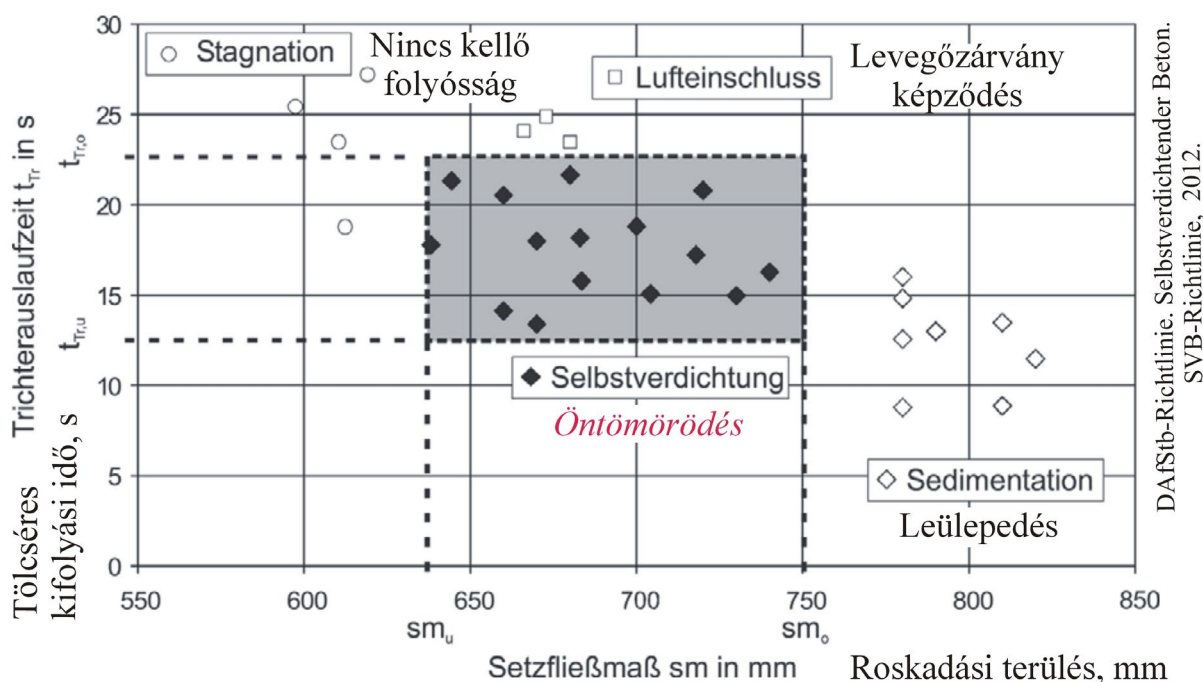


1.5.Ö3. ábra: Az öntömörödő beton tixotrópiája a bedolgozás folyamán (Lowke, 2013)

Az öntömörödő friss beton szétosztályozódását két módon is meg kell akadályozni, mindkét módszer fizikai hatású. A *szerves stabilizálók* gélszerűen stabilizálják az öntömörödő betont, ezáltal növelik a kohézióját és csökkentik a belső súrlódást (a viszkozitást); a nagy fajlagos felületű *kiegészítőanyagok* (németül: Mehlkorn; például szintetikus kovasav, szilikapor, mészköliszt stb.) pedig azáltal stabilizálnak, hogy megnövelik az öntömörödő beton vízmegtartó-képességét, csökkentik a kivérzést, kitöltik a pórusokat és kenőhatásuk is van, ami a stabilizálás mellett még az öntömörödő beton mozgékonyágát, illetve szivattyúzhatóságát is javítja. (Hillemeier et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

Stabilizáló adalékszerek készítésére a kísérleti eredmények szerint a természetes és modifikált poliszacharidok a legalkalmasabbak. (Lowke, 2013)

Az öntömörödő beton bedolgozhatóságának ajánlott konzisztencia-tartománya az 1.5.Ö4. ábrán látható.



1.5.Ö4. ábra: Példa az öntömördő beton bedolgozhatóságának konzisztencia-tartományára (DAfStb-Richtlinie SVB:2012)

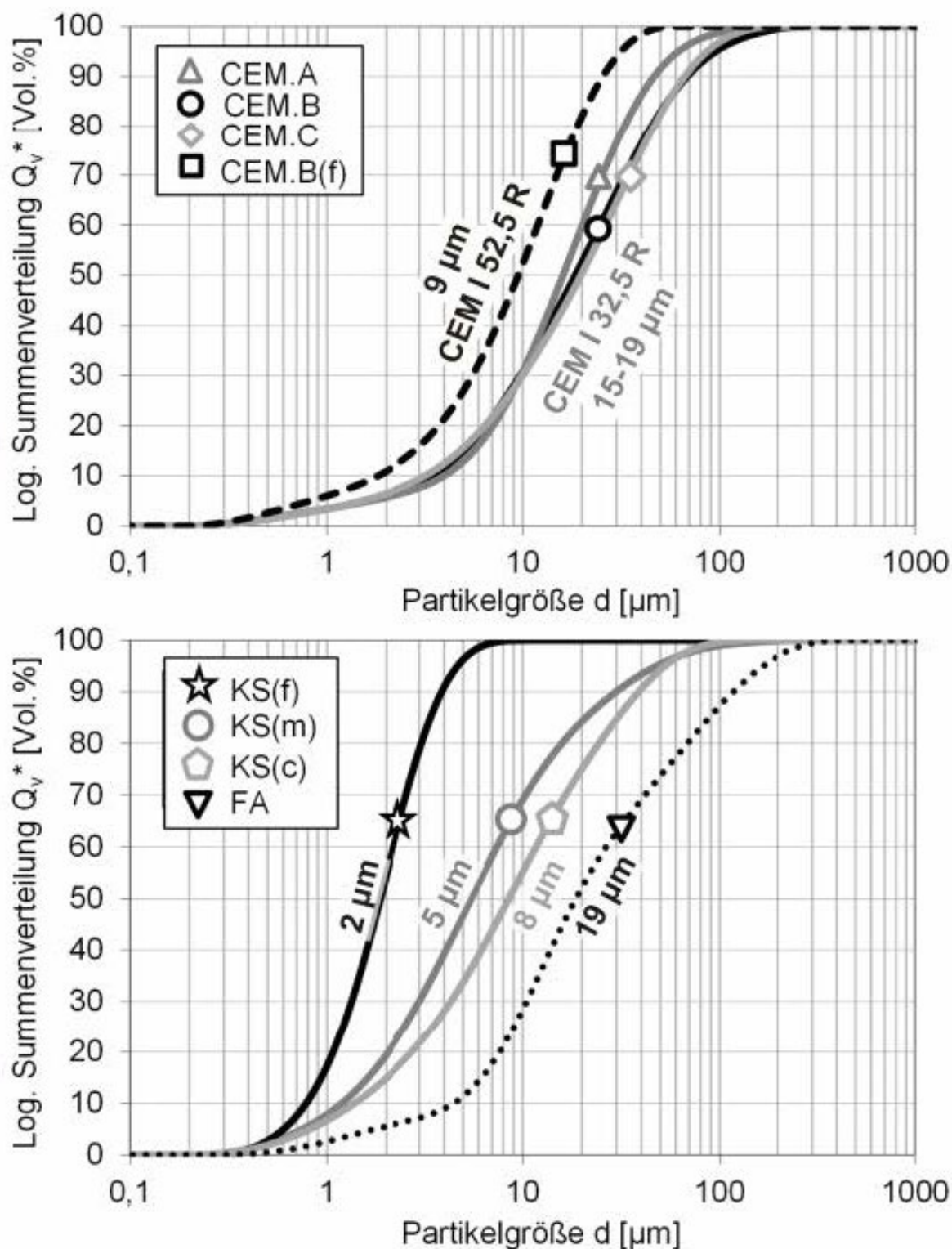
Az öntömördő beton konzisztencia osztályai az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve az MSZ 4798:2016 szabványban találhatók. Az öntömördő betonok konzisztenciájával *könyvünk 17.3. fejezetében*, konzisztenciamérésével *könyvünk 17.4. fejezetében* részletesen foglalkozunk.

Az öntömördő beton *kiegészítőanyagának és adalékanyagának* szemmagysága a német, holland és japán szabványokban *Hillemeier et al. (2001)* szerint az *1.5.Ö2. táblázatban* feltüntetett érték.

1.5.Ö2. táblázat: Előírások az öntömördő betonbeli kölisztek és adalékanyagok szemmagyságára (*Hillemeier et al., 2001, in DAFStb Heft 516.*)

	Német és holland szabványok	Japán szabvány
Kiegészítőanyag	0 – 0,125 mm	0 – 0,09 mm
Homok	0,125 – 4 mm	0,09 – 5 mm
Durva adalékanyag	4 – 16 mm	5 – 20 mm

Az *1.5.Ö5. ábra* az öntömördő beton finom összetevőinek szemmegoszlására mutat példát, feltüntetve a szemmegoszlási görbéken a közepes átmérők (d_{50}) kerekített értékét. (*Lowke, 2013*)



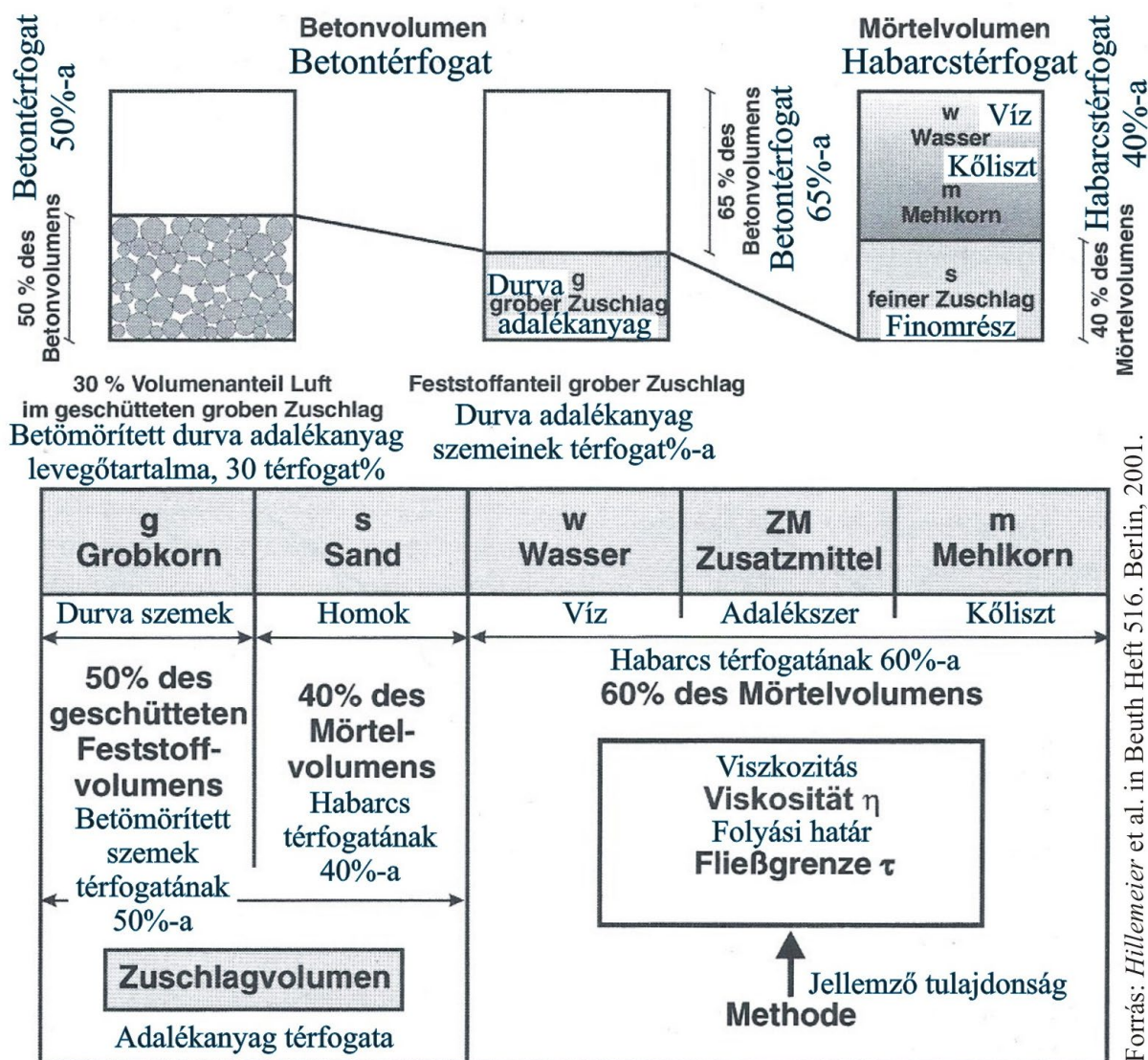
1.5.Ö5. ábra: Példa az öntömörödő beton finomrészének szemmegoszlási görbéire térfogat%-ban (Lowke, 2013). A szemmegoszlási görbékre írt méret az anyag közepes átmérőjének kerekített értéke (d_{50}): CEM I 32,5 R (durva) = 18,9 μm , CEM I 32,5 R (közepes) = 15,2 μm , CEM I 32,5 R (finom) = 14,8 μm , CEM I 52,5 R = 8,7 μm , FA (pernye) = 18,7 μm , KS(c) (durva mészkőliszt) = 8,2 μm , KS(m) (közepes mészkőliszt) = 5,3 μm , KS(f) (finom mészkőliszt) = 1,6 μm

Az 1.5.Ö6. ábra az öntömörödő beton összetételének értelmezését segíti; az ábrán látni, hogy a *finomrészpépen* (németül: Leim, Bidemittelleim) a cement, a kőliszt, valamint a kiegészítőanyag, például pernye vízzel való keveréke értendő. (Lowke, 2013)

w/b V_W / V_P		0,43 1,25	0,35 1,00	0,26 0,75	
BETON	V_M	CEM 133 l	CEM 150 l	CEM 171 l	
	V_L	KS/FA 133 l	KS/FA 150 l	KS/FA 171 l	
	LEIM	W 333 l	W 300 l	W 257 l	
	MÖRTEL 1m ³	40,7 Vol. %	$V_S = 0,4 \cdot V_M$		LUFT
	125 µm	S	S 400 l	S	
	4 mm	G	G	G	
	32,2 Vol. %				
	16 mm				

1.5.Ö6. ábra: Példa az öntömörödő beton térfogat% szerinti összetételére (Lowke, 2013). Jelölések: CEM = cement, KS = mészkőliszt, FA = pernye, W = víz, S = homok, G = durva adalékanyag, V_L = a finomrészpép térfogata, V_S = homoktérfogat, V_M = habarcstérfogat, m_w = víz tömege, m_p = a cement és a kiegészítőanyag tömege, $w/b = m_w/m_p$ = víz/(cement+kiegészítőanyag) tömegarány, V_W = víztérfogat, V_P = a cement és a kiegészítőanyag térfogata, V_W/V_P = víz/(cement+kiegészítőanyag) térfogatarány

Japánban az öntömörödő betont kifejlesztő kutatók (Okamura, 1997) tapasztalata alapján az 1.5.Ö7. ábrán szereplő keverési arány tervezet alkalmazását javasolták. (Hillemeier et al., 2001)



Forrás: Hillemeier et al. in Beuth Heft 516. Berlin, 2001.

1.5.Ö7. ábra: Az öntömörödő beton összetétele *Okamura* (1997) szerint (*Hillemeier et al.*, 2001, in DAfStb Heft 516.)

A német irodalom szerint az öntömörödő beton összetevőit az 1.5.Ö3. táblázatban szereplő határértékek között szokták adagolni (Grube et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

1.5.Ö3. táblázat: Az öntömörödő beton összetevői adagolásának határértéke irodalmi adatok alapján (*Grube et al., 2001, in DAfStb Heft 516.*)

Összetevő	Szemnagyság	Legalább	Legfeljebb
Víz, kg/m ³	–	150	240
Cement, kg/m ³	–	260	420
Kőliszt, kg/m ³ *	0 – 0,125 mm	530	590
Homok, kg/m ³ *	0,125 – 5 mm	640	790
Durva adalékanyag, kg/m ³	5 – 20 mm	800	950
Folyósító adalékszer, kg/m ³	–	4	14
Stabilizáló adalékszer, kg/m ³	–	0,08	0,35
Levegőtartalom, térfogat%	–	1	5

* Megjegyzés: A homok 0,125 mm alatti finom részét kőlisztnak tekintik.

* Megjegyzés: A homok 0,125 mm alatti finom részét kőlisztnek tekintik.

Tipikus izlandi öntömörödő beton összetétel az 1.5.Ö4. táblázatban látható. Az izlandi öntömörödő beton víz/(cement+kiegészítőanyag) tömegaránya (w/b) 0,65.

1.5.Ö4. táblázat: Tipikus izlandi öntömörödő beton összetétel (Reiner, 2017)

Cement	Mikroszilika	Víz	Homok	Kavics	Folyósítószer
302 kg/m ³	12 kg/m ³	204 kg/m ³	925 kg/m ³	909 kg/m ³	2,25 kg/m ³

Az 1.5.Ö5. táblázatban feltüntetett összetételű, idehaza készített öntömörödő friss beton MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerinti fékező gyűrűs területi mértéke 850 mm, MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerinti tölcseres kifolyási ideje 12,5 s; a megszilárdult, 28 napos korú öntömörödő beton MSZ EN 12390-7:2019 szabvány szerinti testsűrűsége száraz állapotban 2295 kg/m³, a végig víz alatt tárolt próbakockákon az MSZ EN 12390-3:2019 szabvány szerint meghatározott átlagos nyomószilárdsága $f_{cm,cube,test} = 62 \text{ N/mm}^2$ volt. A nyomószilárdsági osztály: C40/50, ugyanis $f_{cm,cyl,test} = 0,81 \times f_{cm,cube,test} = 50,2 \text{ N/mm}^2$ és $f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 = 42,2 \text{ N/mm}^2 > 40 \text{ N/mm}^2 = f_{ck,cyl}$.

1.5.Ö5. táblázat: Példa a 28 napos korban, próbakockákon mért, várhatóan legalább $f_{cm,cube,test} = 60 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú, C40/50 nyomószilárdsági osztályú öntömörödő beton összetételére, hazai kísérletek alapján

Összetevő és adagolása	Testsűrűség kg/liter	Fajlagos tömeg kg/(beton m ³)	Fajlagos térfogat liter/(beton m ³)
Cement, CEM I 42,5 R	3,10	320	103,2
Víz (0,5×M _{cement})	1,00	160	160,0
Folyósítószer (Modifikált polikarboxilátok vizes oldata, kloridmentes) 0,02×M _{cement})	1,14	6,4	5,6
Mészkőliszt 0,0-0,1 mm (1,6×M _{cement})	2,80	512	182,9
Homok 0/4 mm (50 tömeg%)	2,64	701	265,5
Kavics 4/8 mm (18 tömeg%)	2,64	252	95,5
Kavics 8/16 mm (32 tömeg%)	2,64	449	170,1
Levegő	–	–	17,2
Összesen	–	2400,4	1000,0

Öntömörödő betonból elsősorban kialakításuk folytán nehezen tömöríthető függőleges teherhordó szerkezeteket, mint a pillérek (oszlopok) és falak, továbbá födémeket, alapokat, alagútszerkezeteket, hídszerkezeteket, csúszózsálasztos építményeket, mint például a kémények és hűtőtornyok, különleges feltételek mellett látszóbetonokat szoktak készíteni. Az öntömörödő beton alkalmas a helyszíni beton- és előregyártott vasbetonszerkezetek közötti hézagok kitöltésére is. (DBV Merkblatt:2017. Selbstverdichtender Beton)

Lásd még: Sztarikus gátlás

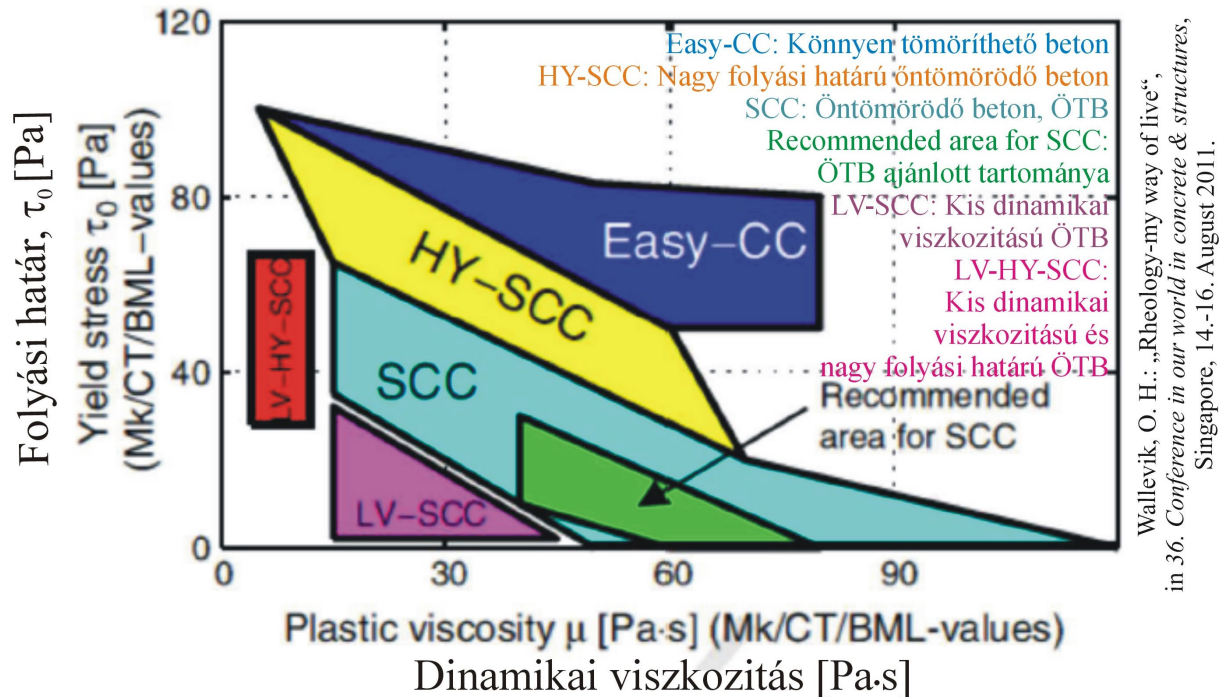
Öntömörödő friss beton reológiája

Az öntömörödő friss beton legfontosabb reológiai tulajdonsága a folyási határ megszabta folyási képesség, a viszkozitás, az ülepedési stabilitás, a robusztusság (testesség) és az öntömörödőképesség. A reológia görög eredetű szó; e szócikk értelmezésében a reológia a „folyadékok” folyási tulajdonságaival foglalkozó fizikai tudományág.¹⁵⁰

Az öntömörödő beton önterülő is: mindennemű tömörítés (például vibrálás) nélkül sokkal

¹⁵⁰ Reológiának nevezik az anyagok idő okozta változásait vizsgáló műszaki tudományágat is.

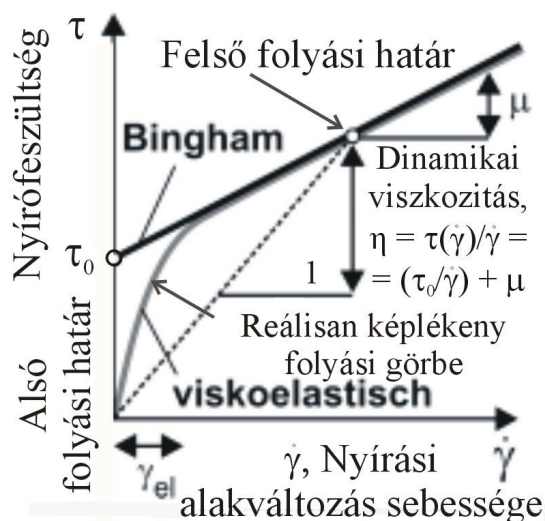
jobban terül, mint a közönséges beton. A terülés, folyás addig tart, ameddig az öntésből eredő mozgási energiát a belső súrlódás (viszkozitás) le nem győzi. A terülés annál nagyobb, minél nagyobb a mozgási energia és a viszkozitás, illetve a viszkozitás ébresztette energia, mint a mozgással szembeni ellenállás közötti különbség. A nagyobb dinamikai viszkozitású öntömörödő beton kellő folyósságához kisebb folyási határú (τ_0) öntömörödő friss betonra van szükség, mint amekkora folyási határ a kisebb dinamikai viszkozitású beton esetén szükséges (1.5.Ö8. ábra).



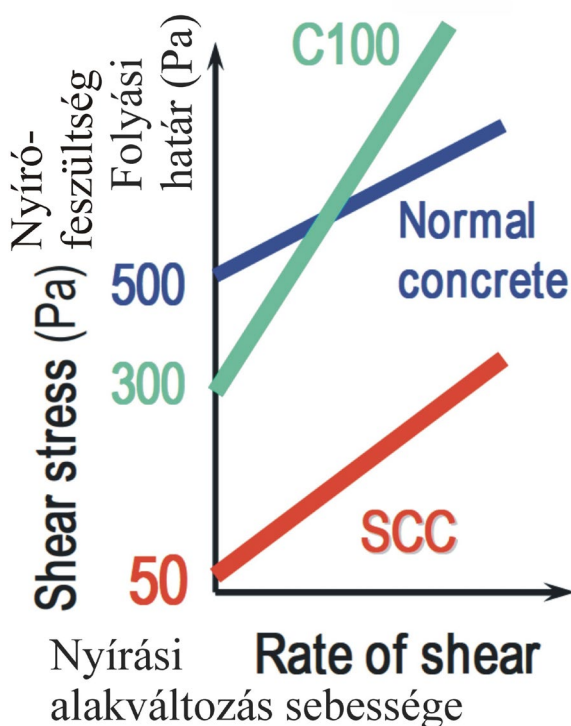
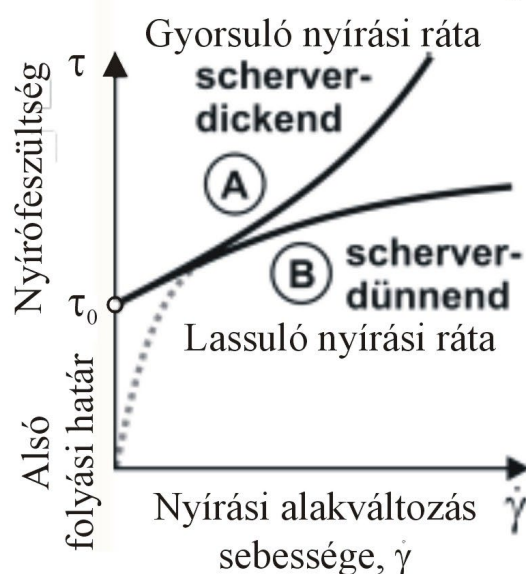
1.5.Ö8. ábra: Különböző, a Bingham-féle reológiai modellt követő öntömörödő friss betonok optimális alsó folyási határának (τ_0) és dinamikai viszkozitásának (μ) tartománya, Wallevik (2011) szerint (Lowke, 2013), (Reiner, 2017)

Az öntömörödő beton folyási határa általában 60 Pa-nál kisebb, dinamikai viszkozitása pedig, amely a folyási görbe meredekségét jelenti, 20 és 100 Pa·s közé esik (Reiner, 2017). Gröbl, et al. (2001) szerint az öntömörödő beton habarcsának τ_0 folyási határa 20-50 Pa közé, μ_p dinamikai viszkozitása 6-12 Pa·s közé essék.

A *folyási görbe* és a *folyási határ* a reológiai modell fontos jellemzője. Az öntömörödő betonok és habarcsok a legegyszerűbb esetben, azaz, ha a szuszpenzióra a mozgási energia elég hosszú ideig hat és a folyósságot viszonylag rövid ideig kell fenntartani – a közönséges betonokhoz hasonlóan – *Bingham-folyadék*nak tekinthetők. Ebben az esetben a folyási tulajdonságok a τ_0 folyási határral és a μ képlékeny viszkozitással fejezhetők ki. (Gröbl et al., 20001), (Lowke, 2013)



Lowke, D.: Sedimentationsverhalten und Robustheit Selbstverdichtender Betone. Doktorarbeit, München, 2013.



Wallevik O.H., „Concrete around the world“, in 31. Conference on our world in concrete & structures, Singapore, 16.-17. August 2006.

1.5.Ö9. ábra: Az ideálisan képlékeny testek (*Bingham-folyadékok*) alsó folyási határa (τ_0), ideálisan képlékeny (plasztikus) viszkozitása (μ) és dinamikai viszkozitása (η), valamint a növekvő és a csökkenő nyírási ráta (*Lowke*, 2013)

Az ideálisan képlékeny (plasztikus) testek (*Bingham-folyadékok*) esetén a folyás megindulásához szükséges, az 1.5.Ö9. ábrán (τ_0 ; $dv/dl = 0$)-val jelölt nyírófeszültséget a fizikában alsó folyási határnak nevezik (τ_a ; $dv/dl = 0$). A reálisan képlékeny testek folyási görbéjének kezdeti szakasza – az ideálisan képlékeny testekétől eltérően – nem lineáris, hanem görbe, és azt a nyírófeszültséget, ahol a görbe lineárisra válik, felső folyási határnak (τ_f ; $dv/dl \neq 0$) nevezik. A *Bingham*-féle ideálisan képlékeny testek az alsó folyáshatár (τ_a ; $dv/dl = 0$) felett, a reálisan képlékeny testek a felső folyáshatár (τ_f ; $dv/dl \neq 0$) felett követik a newtoni testek folyásának lineáris törvényszerűségét.

1.5.Ö10. ábra: A *Bingham-folyadékok* módjára viselkedő öntömörödő betonok, közönséges (normál) betonok és nagyszilárdságú betonok folyási határa és folyási görbéje (*Reiner*, 2017)

Az 1.5.Ö10. ábrán látni, hogy az öntömörödő beton folyási görbéje jelentősen eltér a közönséges és a nagyszilárdságú beton folyási görbéjétől. Az öntömörödő beton folyáshatára általában 60 Pa alatt van, így lényegesen kisebb, mint a közönséges betoné. A nyírási alakváltozás sebessége (nyírási ráta) 20-100 Pa·s között nagymértékben változhat. (*Reiner*, 2017)

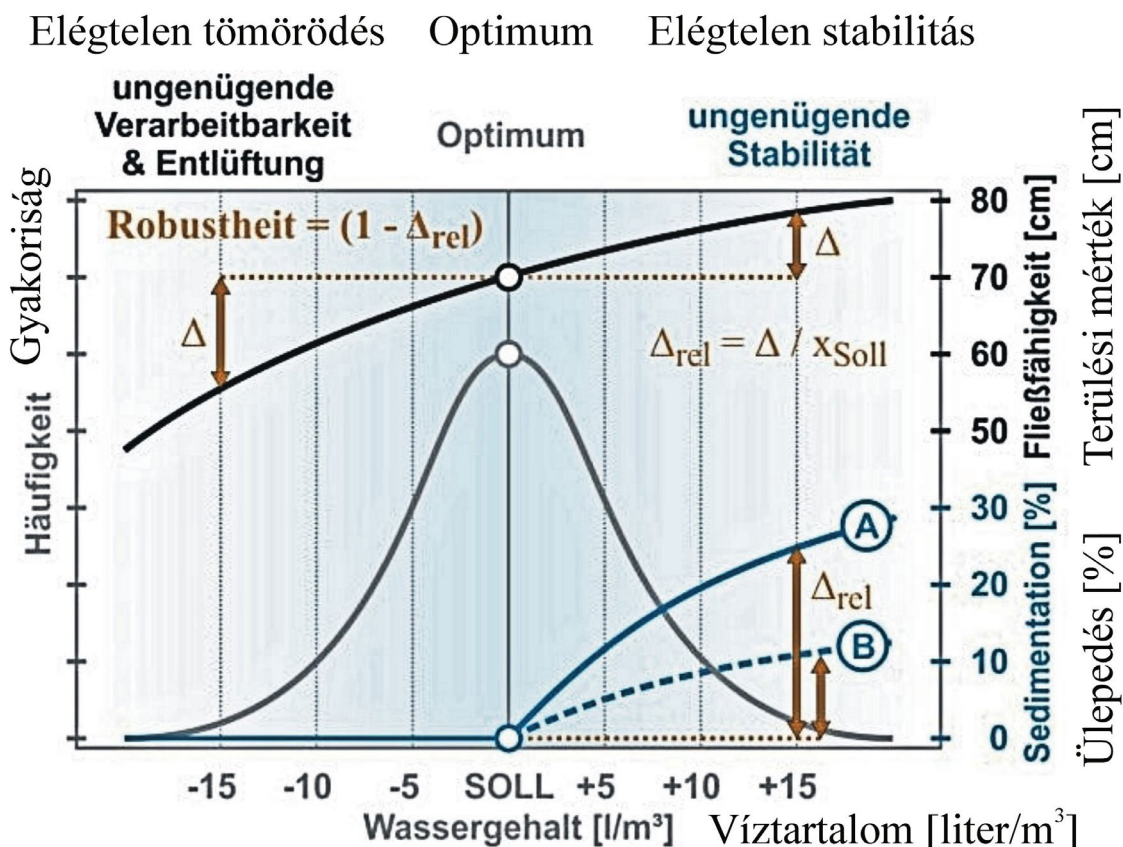
A *viszkozitás* az anyag külső hatásra (nyírófeszültség, sebességgradiens) ébredt (aktivált) belső súrlódásának mértéke. Minél kisebbek a belső súrlódási erők, annál kisebb a viszkozitás. A *Bingham*-modell szerint folyó anyag – mint a betonok általában – viszkozitását, amely dinamikai viszkozitás, az irodalomban általában képlékeny viszkozitásnak (plasztikus viszkozitásnak) nevezik. A viszkozitás a folyási határ feletti alakváltozást írja le. Minél kisebb a viszkozitás, annál gyorsabban terül az öntömörödő beton. Ha a *nyírófeszültség* az öntömörödő beton folyása során a τ_0 folyási határ alá esik, akkor az öntömörödő beton nem folyik tovább. Következésképpen a beton folyási képessége annál nagyobb, minél kisebb a folyási határ. Ahhoz, hogy az öntömörödő beton a megkívánt mértékben jól folyjon, kis folyási határra van szükség. (Grübl et al., 20001)

A folyási határ és a viszkozitás közvetlenül befolyásolja az öntömörödő friss beton *stabilitást*, azaz a szétosztályozódással szembeni ellenállását. Minél kisebb a viszkozitás és a folyási határ értéke, annál nagyobb a hajlam az ülepedésre. Ha a folyási határ egy bizonyos érték alá csökken, akkor a mozgásban lévő kötőanyaghabarcs szuszpenzió már nem képes a durva adalékanyagot egyenletesen eloszlatva tartani, szállítani. A szükséges szerkezeti stabilitás megőrzése érdekében a folyási határnak nem szabad túlságosan leesnie. Az ülepedés és a vérzés az öntömörödő friss beton stabilitása elvesztésének következménye. (Grübl et al., 20001)

A *robusztusság* (testesség) a friss és megszilárdult öntömörödő beton érzéketlenségének mértéke az alapanyagok betongyártáskori minőségi és mennyiségi ingadozásaival szemben. Ha a robusztusság kismértékű, azaz az öntömörödő beton fokozottan érzékeny az alapanyagok betongyártáskori minőségi és mennyiségi ingadozásaira, akkor az öntömörödő friss beton – különösképp, ha transzportbeton – elvesztheti az önterülő és öntömörödő képességét, valamint a stabilitását, ami a megszilárdult öntömörödő beton tulajdonságai tekintetében is káros. (Lowke, 2013)

Az öntömörödő beton robusztussága az *ülepedés* (szedimentáció) elkerülésére elsősorban megfelelő vízadagolással, kellőképpen folyósító hatású adalékszerrel, stabilizáló adalékszerrel és az adalékanyag szemmegoszlásának optimalizálásával növelhető. (Lowke, 2013)

A vízadagolás ingadozása – például a finom adalékanyag nedvességtartalma meghatározásának hiánya vagy pontatlansága miatt – nagyobb hatással van a robusztusságra, mint a 0,125 mm szemnagyság alatti finomszemtartalom változása (1.5.Ö11. ábra). A kötőanyag és finomrészpép tulajdonságokat az öntömörödő beton robusztusságának növelése érdekében jelenlegi ismereteinkkel nem tudjuk teljes bizonyossággal optimalizálni. (Lowke, 2013)



Lowke, D.: Sedimentationsverhalten und Robustheit Selbstverdichtender Betone. Doktorische Arbeit. München, 2013.

1.5.Ö11. ábra: Az öntömörödő beton víztartalma ingadozásának hatása a durva adalékanyag szemek ülepedési hajlamára és a beton folyási képességére. Ha a hatás (Δ) kicsi, akkor az öntömörödő beton robusztussága (érzéketlensége $= 1 - \Delta_{rel}$) nagy. (Lowke, 2013)

Számos tanulmányból ismert, hogy a folyáshatár a víztartalom növekedésével exponenciálisan csökken (1.5.Ö12. ábra). A τ_0 -(w/b) görbe $d\tau_0/d(w/b)$ gradiense (meredeksége) közvetetten tájékoztat a víz-finomrész aránynak a robusztusságra gyakorolt hatásáról. A w/b (m_w/m_p) víz/(cement+kiegészítőanyag) tömegarány, illetve V_w/V_p térfogatarány növekedésével – ami a cementhabarcs szilárd anyag tartalmának csökkenését jelenti – a szuszpenzió szemeinek hézagterfogata ($1 - \text{halmaztömörtség}$)¹⁵¹, valamint képessége a külső erők felvételére növekszik, és ezzel az öntömörödő beton robusztussága, a víztartalom ingadozásával szembeni érzéketlensége javul, növekszik. (Lowke, 2013)

Kellő szilárdságú öntömörödő betont megfelelően beállított kis víz/(cement+kiegészítőanyag) tömegarányú, kis folyási határú robusztus (testes) friss betonból lehet készíteni, lásd az 1.5.Ö12.

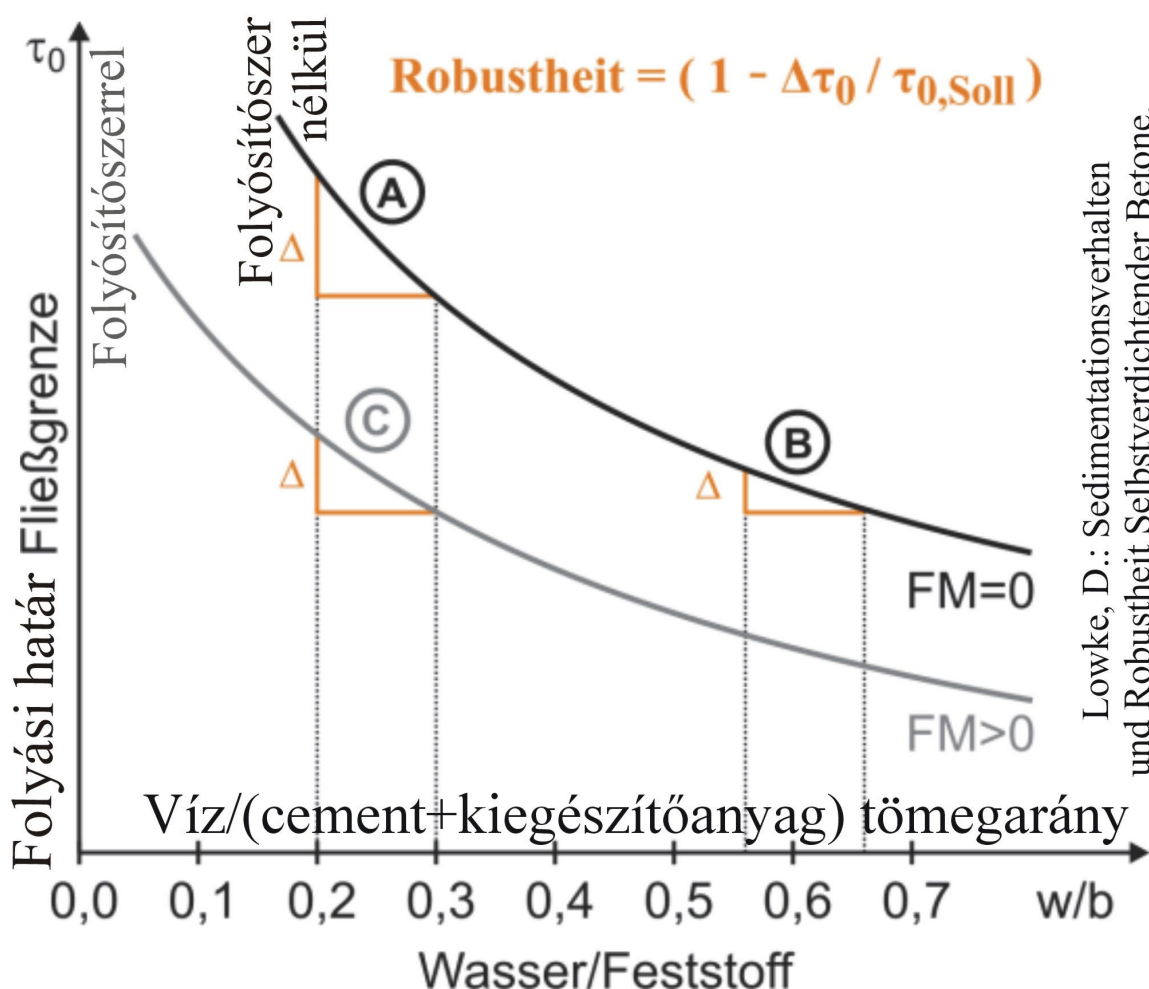
¹⁵¹ A halmaztömörtség (németül: Packungsdichte) e szócikk értelmében a szuszpenzióban (cementhabarcsban) lévő finom szemek térfogatának és e finom szemek halmaza térfogatának hányadosa (Springenschmid, 2007):

$$\text{Halmaztömörtség} = \frac{\text{Finom szemek térfogata}}{\text{Finom szemek halmazának térfogata}} = \frac{V_F}{V_H}$$

a halmazsűrűség és a testsűrűség hányadosa. Minél nagyobb a finom szemek halmaztömörősége, annál kisebb azok hézagterfogata, más szóval a finom szemek közötti hézagok térfogata (németül: Hohlraum),

A német szakirodalomban használják a halmaztömörítési tényező (PF, Packungsfaktor) fogalmát is, amely finom szemek betömörített és laza halmaza tömegének hányadosa, egyenlő nagyobb szám. Minél nagyobb a halmaztömörőség, annál kisebb a kötőanyagpépígeny, de annál kisebb a keverék folyóssága és az öntömörödő beton szilárdsága (Reiner, 2017). Megjegyzendő, hogy a német halmaztömörítési tényező bizonyos mértékig formailag hasonlít a friss betonok DIN 1048-1:1991 visszavont szabvány szerinti Walz-féle tömörítési mértékéhez (németül: Verdichtungsmaß), amely adott tömegű laza és betömörített beton térfogatának hányadosa; szintén egyenlő nagyobb szám; annál nagyobb, minél kevésbé folyós a beton.

ábrán feltüntetett „C” esetet. (Lowke, 2013)



1.5.Ö12. ábra: Az öntömörödő beton víz/(cement+kiegészítőanyag) tömegarányának (w/b) és a folyósítószer adagolásának hatása az alsó folyási határra (τ_0). Ha a hatás (Δ) kicsi, akkor az öntömörödő beton robusztussága (érzéketlensége = $1 - \Delta_{rel}$) nagy. (Lowke, 2013)

Lásd még: Öntömörödő beton, Reológia, Viskozitás

Öntömörödő könnyűbeton (ÖTB)

Angolul: Self-compacting lightweight aggregate concrete (SCLC)

Németül: Selbstverdichtender Leichtbeton (SVLB)

Könnyű adalékanyagból is lehet öntömörödő betont, más szóval száraz állapotban legfeljebb 2000 kg/m^3 testsűrűségű öntömörödő könnyűbetont készíteni (Zement-Merkblatt B 13). A közönséges öntömörödő beton reológiai tulajdonságai az öntömörödő könnyűbetonnak is sajátosságai, de a friss öntömörödő könnyűbeton az adalékanyag könnyűsége következtében önerejéből a közönséges öntömörödő betonnál lassabban terül, folyik és tömörödik. (Müller et al., 2001, in DAFStb Heft 516.)

Az öntömörödő könnyűbeton másik jellemzője, hogy a habarcs és a durva adalékanyag testsűrűsége közötti fokozott különbség folytán a könnyű adalékanyag hajlamos a friss öntömörödő könnyűbeton felszínére felúszni. Ezt a szétosztályozódást a habarcs testsűrűségének csökkentésével, így például könnyű homok alkalmazásával, a cement egy részének pernyével való helyettesítésével vagy légbuborékképző adalékszer hozzáadásával lehet megelőzni. (Müller et al., 2001, in DAFStb Heft 516.)

A könnyű adalékanyag keverővíz elszívóképessége a friss öntömörödő könnyűbeton korai

megdermedését, folyási és tömörödési képességének elvesztését okozhatja, ami ellen tömör felületű könnyű adalékanyag felhasználásával vagy a könnyű adalékanyag előnedvesítésével, esetleg hidrofobizálásával lehet védekezni. (Müller et al., 2001, in DAfStb Heft 516.)

Az öntömörödő könnyűbeton összetételét illetően az irodalmi adatok alapján a következők figyelembevétele ajánlható (Müller et al., 2001, in DAfStb Heft 516.):

1. Ha nem alkalmazunk légbuborékképző adalékszer, akkor első megközelítésként a friss, betömörödött könnyűbeton mintegy 5 térfogatszázalékos levegőtartalmával lehet számolni.
2. A 4 mm feletti durva könnyű adalékanyag célszerű keverési aránya egyes kutatók szerint 36-43 térfogat%, mások szerint 27-40 térfogat%. Ez a durva könnyű adalékanyag-tartalom sokkal kisebb, mint a közönséges öntömörödő beton durva adalékanyag-tartalma.
3. A 0,125-4,0 mm szemnagyságú finom adalékanyag közönséges homok vagy könnyű homok lehet. A könnyű homok adagolásának homok/habarcstérfogataránya (mintegy 0,32) általában kisebb, mint közönséges homok adagolásának homok/habarcstérfogataránya (mintegy 0,4).
4. A homok 0,125 mm alatti finom részét a közönséges öntömörödő betonhoz hasonlóan az öntömörödő könnyűbeton esetén is kölisztnak tekintik, és a köliszt vízigényét ennek figyelembevételével határozzák meg. A szükséges víz/mészköliszt térfogatarányt a finomrészpép (cement+köliszt+víz) (németül: Bindemittel- bzw. Mehlkornleim) MSZ EN 1015-3:2000 szabvány szerinti Haegermann-féle ejtőasztalos területi mértékéből lehet megítélni. A kutatók közönséges homok alkalmazása esetén 0,7 és 1,0 közötti víz/köliszt térfogataránnyal, könnyű homok alkalmazása esetén 0,74 és 0,77 közötti víz/köliszt térfogataránnyal kísérleteztek; könnyű zúzott homok esetén a víz/köliszt térfogatarány ennél nagyobb.
5. A legkedvezőbb habarcstérfogatarányt területi és tölcséres kifolyási konzisztencia-vizsgálattal célszerű kikísérletezni. A könnyűhabarcstérfogatarány eléréséhez a folyósító adalékszeren kívül általában többlet vízre van, esetleg a száraz könnyű homok előnedvesítésére lehet szükség.
6. A meghatározott összetételű folyósítószeres habarcsból és a durva könnyű adalékanyagból kevert öntömörödő könnyűbeton folyósítószerrel beállított MSZ EN 12350-8:2019 szabvány szerinti rokadási területi mértéke 600-700 mm legyen. Az öntömörödő könnyűbeton szétosztályozódási hajlamát az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerinti L-szekrényes (L-dobozos) vizsgálattal lehet megfigyelni.

A friss öntömörödő könnyűbeton konzisztencia-vizsgálati eszközei és módszerei azonosak a közönséges öntömörödő beton konzisztencia-vizsgálati eszközeivel és módszereivel, amelyekről *könyvünk 17.4. fejezetében* írunk részletesebben.

Öntöttvas

Angolul: Cast-iron

Németül: Gußeisen

Az öntöttvas 2,06-4,5% széntartalmú nyersvasból vasöntészeti eljárással készített vas, amely nem kovácsolható. (Vidovszky, 2007)

Lásd még: Acélgyártás, Öntvény

Öntvény

Angolul: Casting

Németül: Gußstück

Az MSZ EN 10079:2007 szabvány szerint az öntvények alakjukat és méreteiket – eltekintve bármely kikészítéstől vagy megmunkálástól – közvetlenül a folyékony acélt befogadó, homokból, samottból vagy egyéb tűzálló anyagból, vagy sokkal ritkábban fémből vagy grafitból készült állandó öntőformában megszilárdulva nyerik.

Lásd még: Acélgyártás, Öntöttvas

Öregedés

Az anyag öregedésének azokat az irreverzibilis (vissza nem fordítható) fizikai és kémiai folyamatoknak az összességét nevezzük, amelyek valamely anyagban vagy anyagi rendszerben tárolás vagy használat közben az időben végbemennek, és amelyek eredményeként az anyag, illetve az anyagi rendszer tulajdonságai – általában lassan, fokozatosan és általában számunkra kedvezőtlen irányban – változnak. Általában öregednek például egyes ötvözetlen acélok, a műanyagok és gumik, a papírok, a gélek stb. (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983)

A műanyagok, illetve a kaucsukkeverékek öregedési folyamata a feldolgozás előtt adagolt különleges adalékanyagokkal gátolható. Ezeket összefoglaló néven a műanyagiparban stabilizátoroknak, a gumiiparban öregedésgátlóknak nevezik. (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983)

Lásd még: Acélgyártás, Gél, Koagulátum, Műanyagok

Öregítés

Az öregítés a nem edzett acél szövetszerkezete egyensúlyi állapotának javítási művelete hőkezeléssel. (*Óvári szerk.*, 1985)

Megjegyzés: Például az MSZ EN 12390-12:2020 szabványban a beton karbonátosodását gyorsító laboratóriumi szén-dioxid kezelést is öregítésnek nevezik (lásd: Karbonátosodás).

Lásd még: Acélgyártás, Acélhajlítási vizsgálat

Örlési finomság, őrlésfinomság

Angolul: Fineness

Németül: Mahlfeinheit

Az őrlési finomság a por (esetleg dara) alakú, szervetlen, szilárd halmazállapotú, kémiai folyamatok hatására szilárduló kötőanyagok, például cement (MSZ EN 196-6:2019), gipsz (visszavont MSZ 57:1977), mészliszt, mészdara, méshidrárt, hidraulikus mészt (MSZ EN 459-2:2021 és visszavont MSZ 108-11:1992) szemnagyságának jellemzője.

A száraz vagy kiszáritott állapotú vizsgálati mintán végzett „szitavizsgálattal” meghatározott őrlési finomság (őrlésfinomság, szitamaradék) a vizsgálószitán fennmaradt anyag tömegének és a vizsgálati minta teljes tömegének hányadosa tömeg%-ban kifejezve.

A vizsgálószita nyílása (lyukbőssége) cement esetén 0,09 mm, gipsz esetén 0,2 mm, mészes esetén levegőátszívós szitával 0,09 mm, 0,2 mm és 2,0 mm. (1.5.Ö13. ábra)



1.5.Ö13. ábra: Szitaberendezés az őrlési finomság meghatározásához

Cement esetén az őrlési finomságot légáteresztő képesség vizsgálattal (*Blaine* módszer) is meg lehet határozni (MSZ EN 196-6:2019). A vizsgálat eredménye a fajlagos felület értéke. A fajlagos felület értéke a cement sűrűségének is függvénye, ezért nem kizárólagosan a szemmagyság jellemzője.

Az őrlési finomság értékére a cement termékszabvány (MSZ EN 197-1:2011) nem tartalmaz, a gipsz termékszabvány (visszavont MSZ 57:1977) és az építési mészes termékszabvány (MSZ EN 459-2:2021) tartalmaz követelményt. Régebben a cementek őrlési finomságát is előírták (MSZ 4702-2:1981).

Az őrlési finomság növekedésével általában és bizonyos határig növekszik a kötőanyag szilárdsága, de a kötőanyag őrlési finomságának növelése a beton, a habarcs vagy a pép szilárdsága növelésének nem az egyetlen és kizárólagos eszköze.

Összeférhetőség

Valamely adott vizsgálat egyedi (egyes) eredményei akkor összeférhetők, ha terjedelmük vagy szórásuk a megengedett határértéket – például az ismétlési vagy az összehasonlítási feltételek megszabta határértékeket – nem lépi túl, és ezért átlagképzésre alkalmasak.

Összehasonlítási feltétel

Az összehasonlítási feltétel az a megengedett terjedelem vagy hozzá tartozó megengedett szórás, amelynél több vizsgáló személy, ugyanazon mintán (vizsgálati mintán), azonos típusú, de más-más eszközzel, rövid időn belül, külön-külön végzett vizsgálatok eredménye terjedelmének vagy szórásának 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz legfeljebb 5%-os relatív gyakorisággal) szabad nagyobbak lennie. Az összehasonlítási feltételt kielégítő vizsgálatokat összeférhető vizsgálatoknak nevezzük.

Összes szervesetlen szén-dioxid a vízben

A vizekben a szén-sav kalcium-karbonát (CaCO_3) és magnézium-karbonát (MgCO_3) alakjában kötött formában, kalcium-hidrogén-karbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát

($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) félig kötött formában és szabad szénsav (szén-dioxid, CO_2) formájában lehet jelen, amelyet kémiai egyenlettel a következőképpen szokás kifejezni:

$$\text{DIC} = c[\text{CO}_2] + c[\text{HCO}_3] + c[\text{CO}_3]$$

Magyarázat: DIC (Dissolved Inorganic Carbon) = Összes szervesetlen szén-dioxid a vízben

Mértékegysége: mmol/liter

Összes szénsav (talajban)

A szénsav (H_2CO_3) a talajban a következő alakokban van jelen: kötött alakban (karbonátok: CaCO_3 és MgCO_3), félig kötött alakban (hidrogén-karbonátok: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ és $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$), szabad szénsav (CO_2 vizes oldata) alakjában, amely utóbbit az oldatban lévő szabad szénsavnak (CO_2 vizes oldata) az oldatban tartásához szükséges egyensúlyi (tartalékos) szénsav és az azon felüli agresszív szénsav teszi ki. Összes szénsav a talajban = Kötött karbonátok + félig kötött hidrogén-karbonátok + egyensúlyi szabad szénsav + agresszív szabad szénsav (Hunkár, 1940), (Biczók, 1956).

Lásd még: Agresszív szénsav, Egyensúlyi szénsav

Padozat

A padozat kifejezés a padló fogalmának szinonimája, általában az építmény teherhordó födémje feletti esztrich-rétegszerkezetet jelenti (Padló MI 01:2015).

Lásd még: Esztrich

Pala, agyagpala, örölt égetett olajpala

Angolul: Brunt shale

Németül: Gebrannter Schiefer, Gebrannter Ölschiefer

Az *agyagpala* keményen összeálló, nem szétmorzsolható, kitűnően rétegzett, többnyire igen jól hasadó, tömött törmelékes kőzet. Az agyag átalakulását agyagpalává nyomás idézi elő, amely vizet szorít ki az agyagból, és a szemcséket közelebb nyomja egymáshoz. A nyomás eredhet az agyagrétegen nyugvó megterhelő kőzetektől, és lehet oldalról ható tektonikai nyomás is. Az *olajpala* olajos agyagpala, más szóval olajtartó agyagpala, azaz olajtartó kőzet. (Vendl, 1953)

Az *égetett palának* nevezett égetett olajpala mintegy 800 °C hőmérsékleten égetett hidraulikus tulajdonságú anyag, amely főként dikkalcium-szilikátot (belit), monokalcium-aluminátot ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), puccolánosan aktív oxidokat (például szilícium-dioxidot, SiO_2) és kis mennyiségben szabad kalcium-oxidot (szabad CaO) és kalcium-szulfátot (gipszet, CaSO_4) tartalmaz. (MSZ EN 197-1:2011)

Az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint a CEM II/A-T és CEM II/B-T fajtájú égetettpala-portlandcement gyártásához olyan finomra örölt égetett palát kell alkalmazni, amelynek kizárólagos kötőanyagkénti alkalmazásával készített habarcspróbahasábok MSZ EN 196-1:2016 szabvány szerint vizsgált nyomószilárdsága 28 napos korban legalább 25,0 N/mm², továbbá a 30 tömeg% örölt, égetett palából és 70 tömeg% CEM I fajtájú portlandcementből készített keverékének MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerint meghatározott térfogatállandósági duzzadása legfeljebb 10 mm.

Az *örölt égetett olajpalát* nagy (8-9 tömeg%) kén-trioxid-tartalma (SO_3 -tartalma) és duzzadásveszélye (németül: Treibgefahr) miatt önmagában kötőanyagként nem használják. Az égetett olajpala kalcium-oxid-tartalma (CaO -tartalma) több, mint 25 tömeg%. (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

Lásd még: Mész-modulus, Térfogatállandóság

Parciális tényező

Lásd: Biztonsági tényező

Passzív védőréteg

Lásd: Acélbetét korróziója

Patentírozás, Patentálás

Lásd: Acélgártás, Feszítőacél

Páradiffúziós ellenállás

A páradiffúziós ellenállás valamely épületszerkezet adott vastagságú rétegének párafékező-képességét fejezi ki.

Mértékegysége: $\text{m}^2 \times \text{s} \times \text{Pa} / \text{kg}$, $\text{m}^2 \times \text{s} \times \text{MPa} / \text{g}$

Páradiffúziós ellenállási tényező

Anyagjellemző, amely megmutatja, hogy az adott anyagnak hányszor nagyobb a páradiffúziós ellenállása, mint az ugyanolyan vastagságú levegőrétegnek.

Mértékegysége nincs

Páradiffúziós tényező, Páravezetési tényező

A páradiffúziós tényező, más néven páravezetési tényező megmutatja, hogy egységnyi parciális nyomáskülönbség hatására egységnyi idő alatt mennyi vízgőz halad át egységnyi vastagságú anyag egységnyi felületén.

Mértékegysége: $\text{kg} / (\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$, $\text{g} / (\text{m} \times \text{s} \times \text{MPa})$

Pearson¹⁵²-eloszlás (valószínűségi eloszlás)

A χ^2 -eloszlás szinonim elnevezése *Pearsonról*, aki a χ^2 -eloszlás egyik megalkotója.

Lásd még: Extrémérték-eloszlás, Korrelációs együttható, *Pearson*-féle korrelációs, χ^2 -eloszlás, együttható

Pearson-féle aszimmetria-mutató

Lásd: Ferde eloszlás

Pearson-féle korrelációs együttható

Angolul: Pearson's correlation coefficient, Samples correlation coefficient

Németül: Pearsonscher Korrelationskoeffizient, Stichproben Korrelationskoeffizient

A *Pearson*-féle korrelációs együtthatót (*Hartung* et al., 2009) számtalan esetben egyszerűen csak korrelációs együtthatónak (*Vincze I.*, 1968), (*Lukács O.*, 2002) vagy regressziós együtthatónak (*Vincze I. szerk.*, 1958) nevezik.

A *Pearson*-féle korrelációs együttható két valószínűségi változó (x és y) közötti kapcsolat szorosságát írja le (*Hartung* et al., 2009):

¹⁵² *Karl Pearson* (1857, London – 1936, Coldharbour, Surrey, Anglia) angol matematikai statisztikus. A King's College egyetemen matematikát, a Heidelbergi Egyetemen fizikát, majd a Berlieni Egyetemen német irodalmat, római jogot, fiziológiát tanult. 1881-től a King's College (London), 1883-tól az University College (London) matematika professzora, majd 1884-től az alkalmazott matematikai és mechanikai tanszék vezetője volt. 1896-ban a Royal Society tagjává választották, 1898-ban Darwin-éremmel díjazták, 1911-ben doktori címet kapott a Londoni Egyetemtől. A χ^2 valószínűségi eloszlást *F. R. Helmert*-et követve, részleteiben 1900-ban dolgozta ki. Nevéhez kötődik a *Pearson*-féle korrelációs együttható fogalmának meghatározása.

$$r_{x,y} = \frac{s_{x,y}}{s_x \times s_y} = \frac{\sum \left(\left(x_i - \frac{\sum x_i}{n} \right) \times \left(y_i - \frac{\sum y_i}{n} \right) \right)}{\sqrt{\sum (x_i - \frac{\sum x_i}{n})^2} \times \sqrt{\sum (y_i - \frac{\sum y_i}{n})^2}} =$$

$$= \frac{\sum \left(\left(x_i - \frac{\sum x_i}{n} \right) \times \left(y_i - \frac{\sum y_i}{n} \right) \right)}{\sqrt{\sum (x_i - \frac{\sum x_i}{n})^2} \times \sqrt{\sum (y_i - \frac{\sum y_i}{n})^2}} = \frac{\sum x_i \times y_i - n \times \frac{\sum x_i}{n} \times \frac{\sum y_i}{n}}{\sqrt{\left(\sum x_i^2 - n \times \left(\frac{\sum x_i}{n} \right)^2 \right) \times \left(\sum y_i^2 - n \times \left(\frac{\sum y_i}{n} \right)^2 \right)}}$$

ahol:

$$s_{x,y} = \frac{\sum \left(\left(x_i - \frac{\sum x_i}{n} \right) \times \left(y_i - \frac{\sum y_i}{n} \right) \right)}{n-1} = \text{Cov}(X,Y) = \text{az } x\text{-}y \text{ értékpár kovarianciája}$$

$$s_x = \sqrt{\sum (x_i - \frac{\sum x_i}{n})^2 / (n-1)} = \text{a mért független változó korrigált tapasztalati szórása}$$

$$s_y = \sqrt{\sum (y_i - \frac{\sum y_i}{n})^2 / (n-1)} = \text{a mért függő változó korrigált tapasztalati szórása}$$

x_i = mért független változó

y_i = mért függő változó

n = mért adatpárok száma

A *Pearson*-féle korrelációs együttható értéke -1,0 és 1,0 közötti szám; tökéletes pozitív lineáris összefüggés esetén és csakis akkor: $r_{x,y} = 1$, tökéletes negatív lineáris összefüggés esetén és csakis akkor: $r_{x,y} = -1$, míg függetlenség esetén $r_{x,y} = 0$ (Vincze I., 1968), (Lukács O., 2002).

Egyenes (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) esetén a *Pearson*-féle korrelációs együtthatót ($r_{x,y}$) az $y = a \times x + b$ alakú regressziós függvény „ a ” irányítányezője (angolul: slope parameter, németül: Steigungsparameter) és a mért valószínűségi változók korrigált tapasztalati szórása (s_x és s_y) felhasználásával is ki lehet számítani (Hartung et al., 2009):

$$r_{x,y} = a \times \frac{s_x}{s_y}$$

A *Pearson*-féle korrelációs együttható négyzete ($r_{x,y}^2$) lineáris függvénykapcsolat esetén megegyezik az egyenes alakú (lineáris) regressziós függvény (trendvonal) determinációs együtthatójával: $r_{x,y}^2 = B_{Y,y}$, egyenes, azaz az egyenes alakú (lineáris) regressziós függvény korrelációs együtthatója négyzetével: $r_{x,y}^2 = R_{Y,y}^2$ (Hartung et al., 2009).

Lásd még: Determinációs együttható, *Helmert*-eloszlás, Korrigált tapasztalati szórás, Korrelációs együttható, Korrelációs index, Korrelációs számítás, Kovariancia, *Pearson*-féle valószínűségi eloszlás

Periklász

Periklász a magnézium-oxid (MgO) ásványtani elnevezése.

Periodikus betonacél

A „periodikus betonacél” palástja (ellentétben a sima palástfelületű betonacéllal) - a beágyazott betonacél betonhoz tapadásának javítása, illetve a betonnal való együttléteződése érdekében – bordázott.

Perlites acélszövetszerkezet

A perlit a ferrit és a cementit vasmódosulat lemezes szerkezetű, 4,29% alatti széntartalmú ötvözet.

Lásd még: Acélgyártás, Vas-szén ötvözetek

Perlitkőzet

A perlit szó, mint pearl, Perle, perla több nyelven (például angolul, németül, olaszul) gyöngyöt, gyöngyszemet jelent.

A perlit a riolit üveges módosulata, kiömlési, azaz effuzív kőzet. Szövete apró gyöngyszemekre emlékeztető gömböcskékből áll. Összetétele túlnyomórészt savanyú, és mintegy 3-5% kötött vizet tartalmaz (*Vendl, 1953*). Nagyszilárdságú, tömött kőanyag,

Magyarország jelentős perlitkészlettel rendelkezik a Tokaj hegységben és kisebb mennyiségben a Mátrában. A perlitet Pálházán 1957 óta bányásszák (*1.5.Pl. ábra*).



Perlitkőzet, kézipéldány, Pálháza

Perlitbánya, Pálháza



1.5.Pl. ábra: A pálházi perlitbánya fala és a perlitkőzet kézipéldánya

A perlit őrlménye hirtelen nagy hőmérsékletre hevítve megduzzad, és belőle kis testsűrűségű, cella szerkezetű gömbök keletkeznek. E tulajdonságát kihasználva a megtört perlitet körfolyamatban 1,6 mm alá őrölik, az őrölt szemeket 950-1100 °C hőmérsékleten duzzasztják, majd a legfeljebb 5 mm legnagyobb szemnagyságú duzzasztott szemeket szemnagyság szerint osztályozzák. A duzzasztott perlitet például hőszigetelő szemhalmazként vagy hőszigetelő perlitbetonok (ha kötőanyaga cement), hőszigetelő perlitbarcsok (ha kötőanyaga mészpép, vagy cement és mészpép), perlitpaplan, ipari szűrő, bitumoperlit stb. készítésére, továbbá mezőgazdasági, környezetvédelmi célra használják.

A perlitkőzet, a nyers perlitok és a duzzasztott perlitok csoportosítása és fogalommeghatározása az MSZ 16011:1987 szabványban található. E szabványban – és a visszavont MSZ 18298-1:1979 és MSZ 18298-2:1979 szabványban – nyers perlitnek a perlitkőzetből aprítással, szárítással, őrléssel és osztályozással gyártott közetszemcsék halmazát nevezték, ma a

feldolgozatlan perlitközettől megkülönböztetésül inkább örölt perlitnek vagy perlitörleménynek neveznék.

A duzzasztott perlitek szemnagyságát, nedvességtartalmát és meddőtartalmát szabályozó visszavont MSZ 18298-3:1979 szabványt az MSZ 16015:1988 szabvány váltotta fel.

A duzzasztott perlitek vizsgálati módszereivel az MSZ 16014:1987 szabvány foglalkozik.

A kifejezetten duzzasztott perlitből készült, épületek hőszigetelésére alkalmas termékekkel kapcsolatos követelmények az MSZ EN 13169:2012+A1:2015, MSZ EN 14316-1:2004, MSZ EN 14316-2:2007 európai szabványban olvashatók.

Lásd még: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/kozut-5-adalekanyag-fajtak.pdf>

Permeabilitás, áteresztőképesség

Lásd: Hidrodinamikai permeabilitás, Permeabilitási együttható

Permeabilitási együttható

A pórusszerkezet külső nyomás hatására a folyadékokat és gázokat áteresztetheti. Az áteresztőképesség a permeabilitási együtthatóval jellemezhető, amely folyadékok esetén a Darcy-féle törvénnyel írható le. Gázok esetén figyelembe kell venni a gáz viszkozitását és összenyomhatóságát is, amely a gázáteresztés sebességét határozza meg.

A permeabilitási együttható (hidraulikus vezetőképesség) összefüggése folyadékok esetén:

$$K_{folyadék} = Q \times \frac{1}{A} \times \frac{\ell}{h} = Q \times \frac{1}{A \times i}, \text{ mértékegysége: m/s}$$

ahol:

Q = az állandó keresztmetszetű szűrőn egységnyi idő alatt átfolyó víz térfogata [m^3/s],

A = a szűrő keresztmetszeti felülete [m^2],

h = nyomómagasság [m],

ℓ = a szűrőrétegben a megtett út hossza [m],

$h/\ell = i$ = a hidraulikus gradiens, egységnyi hosszra jutó nyomómagasság, nevezetlen szám

A permeabilitási együttható összefüggése gázok esetén, például a légáteresztőképességi együttható:

$$K_{levegő} = Q \times \frac{\ell}{A} \times \frac{p}{(p_1 - p_2) \times \frac{(p_1 + p_2)}{2}} \times \eta = Q \times \frac{\ell}{A} \times \frac{p}{\frac{p_1^2 - p_2^2}{2}} \times \eta, \text{ mértékegysége: m}^2$$

ahol:

Q = az állandó keresztmetszetű szűrőn egységnyi idő alatt áthaladó gáz, például levegő térfogata [m^3/s],

ℓ = a szűrőrétegben a megtett út hossza [m],

A = a szűrő keresztmetszeti felülete [m^2],

p = a nyomás a q mérése során [N/m^2],

$p_1 - p_2$ = nyomáskülönbség a szűrő két oldalán, nyomáscsökkenés [N/m^2],

η = a gáz, illetve levegő dinamikai viszkozitása [$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s}$]

Minél kisebb a permeabilitási együttható, annál lassabb a folyadék-, és gázáteresztés.

Mint láttuk, a permeabilitási együttható mértékegysége folyadékok esetén m/s , gázok esetén m^2 . Ha gázok esetén a viszkozitást és az összenyomhatóságot nem vesszük figyelembe, akkor a gázok permeabilitási együtthatójának mértékegysége m^2/s .

A beton áteresztőképessége a beton összetételétől, utókezelésétől, korától és az összetevők tulajdonságaitól függően több nagyságrenddel is változhat, ezért a mértéke nehezen becsülhető meg; pontosabb ismeretéhez kísérletekre van szükség. A betonban a víz nem csak a cementkő kapillárisaiban, hanem a mikro-repedésekben, valamint a durva adalékanyagszemek és a

cementkő porózus határfelületén is áramlik, és ezek áteresztőképessége a tömör adalékanyag szemek áteresztőképességénél nagyobb; ezért a beton áteresztőképessége a cementkő áteresztőképességét általában meghaladja. A víz áramlása a cementkőben főként a víz-cement tényezőtől és a cement hidratációs fokától függ, de kis víz-cement tényező ellenére is nagy lehet permeabilitás, ha az utókezelés elégtelen, mert akkor különösen a felszín közelében a hidratációs fok alacsony lesz (CEB-FIP Model Code 1990).

A vízáteresztéshez hasonlóan külső nyomás hatására a gázok is áthatolhatnak a beton pórusrendszerén és mikro-repedésein. A beton gáz-áteresztőképességét a pórusszerkezeten kívül a nedvességtartalom is jelentősen befolyásolja. A beton relatív páratartalmának növekedésével a $K_{\text{gáz}}$ gázáteresztési permeabilitási együttható akár két nagyságrenddel is csökkenhet (CEB-FIP Model Code 1990).

A szilárd beton (angolul: mature concrete) relatív permeabilitási együtthatójának (K/K_0) logaritmus

- víz esetén a CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1-103 képlete szerinti:

$$\log \left(\frac{K_{\text{víz}}}{K_{\text{víz},0}} \right) = -0,7 \times \frac{f_{\text{ck,cyl}}}{f_{\text{ck,cyl},0}}$$

összefüggésből becsülhető meg, ahol:

- $K_{\text{víz}}$ = a vízáteresztés permeabilitási együtthatója, m/s
 - $K_{\text{víz},0} = 10^{-10}$ m/s
 - $f_{\text{ck,cyl}}$ = a beton nyomószilárdságának jellemző értéke (parciális értéke) próbahengeren meghatározva, N/mm²
 - $f_{\text{ck,cyl},0}$ = a beton nyomószilárdság jellemző értékének vonatkoztatási alapja, 10 N/mm²
- levegő vagy oxigén esetén, ha a beton relatív pórusnedvesség-tartalma (angolul: relative pore humidity of the concrete) mintegy 65%-nál kisebb, a CEB-FIP Model Code 1990 modell kód 2.1-106 képlete szerinti:

$$\log \left(\frac{K_{\text{gáz}}}{K_{\text{gáz},0}} \right) = -0,5 \times \frac{f_{\text{ck,cyl}}}{f_{\text{ck,cyl},0}}$$

összefüggésből becsülhető meg, ahol:

- $K_{\text{gáz}}$ = a gázáteresztés permeabilitási együtthatója, m²
- $K_{\text{gáz},0} = 10^{-14}$ m²
- $f_{\text{ck,cyl}}$ = a beton nyomószilárdságának jellemző értéke (parciális értéke) próbahengeren meghatározva, N/mm²
- $f_{\text{ck,cyl},0}$ = a beton nyomószilárdság jellemző értékének vonatkoztatási alapja, 10 N/mm²

Müller, H. S. et al. (2016) a 2016. évi Beton-Kalender 1. kötetének 7-2. fejezetében a CEB-FIP Model Code 1990 modell kódból arra következtetett, hogy

- a C12 nyomószilárdsági osztályú beton permeabilitási együtthatója víz esetén mintegy $K_{\text{víz}} = 2 \times 10^{-11}$ m/s, levegő esetén 50-70% relatív betonnedvesség-tartalom mellett mintegy $K_{\text{levegő}} = 2,5 \times 10^{-15}$ m²,
- a C50 nyomószilárdsági osztályú beton permeabilitási együtthatója víz esetén mintegy $K_{\text{víz}} = 3 \times 10^{-14}$ m/s, levegő esetén 50-70% relatív betonnedvesség-tartalom mellett mintegy $K_{\text{levegő}} = 3 \times 10^{-17}$ m².

Mint a fentiekből látni, a beton permeabilitási együtthatója a beton nyomószilárdsági

osztályától, illetve porozitásától függően erősen változik. A permeabilitási együttható CEB-FIP Model Code 1990 szerinti fenti becselő képletei épp úgy, mint a *fib* Bulletin 65: Model Code 2010 szerinti alábbi becselő képletei korlátozottan érvényesek, és nem fedhetik el aényt, hogy a különböző összetételű, de azonos nyomószilárdsági osztályú betonok permeabilitási együtthatói akár legalább egy nagyságrenddel (németül: um wenigstens eine Zehnerpotenz) is eltérhetnek egymástól, illetve a mintegy 40 N/mm^2 értékkel egymástól eltérő nyomószilárdságú betonoknak is lehet azonos a permeabilitási együtthatója. Ennek az a magyarázata, hogy az áteresztőképességre sokkal nagyobb a kötőanyag- stb. függő pórusszerkezet hatása, mint a nyomószilárdságé. Ez az oka annak, hogy a beton nyomószilárdsági osztályából nem lehet a beton élettartamára következtetni; az élettartamtervezés vagy becslés során sokkal célszerűbb a nyomószilárdsági osztály helyett a mért áteresztőképességi paramétereket figyelembe venni. Megjegyzendő, hogy a beton permeabilitását (áteresztőképességét) a beton peremrétege, illetve a betonfedés is befolyásolja. (Müller, H. S. et al., 2016).

A szilárd beton (angolul: mature concrete) permeabilitási együtthatója (K) víz esetén a *fib* Bulletin 65: Model Code 2010. Volume 1. kötetének 5.1-122 képletével:

$$K_{\text{víz}} = \frac{4 \times 10^{-3}}{f_{\text{cm,cyl}}^6} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right],$$

levegő, oxigén és nitrogén esetén a *fib* Bulletin 65: Model Code 2010. Volume 1. kötetének 5.1-125 képletével:

$$K_{\text{gáz}} = \frac{2 \times 10^{-10}}{f_{\text{cm,cyl}}^4} [\text{m}^2]$$

a beton $f_{\text{cm,cyl}} [\text{N/mm}^2]$ átlagos nyomószilárdságból durván megbecsülhető.

Thienel (2017) szerint víz esetén

- a beton permeabilitási együtthatója: $2 \times 10^{-11} \text{ m/s} \geq K_{\text{víz}} \geq 3 \times 10^{-14} \text{ m/s}$,
- az agyag permeabilitási együtthatója: $1 \times 10^{-6} \text{ m/s} \geq K_{\text{víz}} \geq 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$,
- a homok permeabilitási együtthatója: $5 \times 10^{-3} \text{ m/s} \geq K_{\text{víz}} \geq 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

A nedvességnek és a betontechnológiai körülményeknek a levegő és oxigén átbocsátási permeabilitási együtthatóra gyakorolt hatásáról szóló Gräff et al. (1986) tanulmányban a $\varnothing 150 \times 50 \text{ mm}$ méretű próbatesteken, egy hónapig tartó 20°C hőmérsékleten és 65% relatív páratartalom mellett való tárolás után végzett áteresztőképességi kísérletek eredményeként többek között azt írták, hogy

- a megszilárdult beton gáz-áteresztőképessége annál nagyobb – és karbonátosodása annál erősebb –, minél nagyobb a beton a víz-cement tényezője és minél gyorsabb a kiszáradása;
- a 0,5 víz-cement tényezőjű, viszonylag tömör, 28 napos korig utókezelt beton permeabilitási együtthatója három nagyságrenddel (németül: um bis zu drei Zehnerpotenz) is eltérhet a 0,8 víz-cement tényezőjű, kevésbé tömör, csak 1 napos korig utókezelt beton permeabilitási együtthatójától. Idősebb korú betonok esetén a nagyobb kiszáradás folytán ez a különbség két nagyságrendre (németül: auf zwei Zehnerpotenz) csökken;
- vékonyabb szerkezeti elemek esetén az utókezelés erősen befolyásolja a permeabilitási együttható értékét, különös tekintettel a lassan kötő cementek utókezelési érzékenységre;
- a vastagabb szerkezeti elemek kevésbé utókezelés-érzékenyek. Ezek esetén a nagyobb nedvességtartalom és a fokozottabb hőfejlődés által felgyorsított hidratáció folytán az utókezelés időtartama a beton peremrétegének gáz-áteresztőképességén érezteti hatását.

A betonok folyadék- és gázáteresztőképességét (permeabilitási együtthatóját) viszonylag egyszerűen és gyorsan meg lehet határozni. Az építőanyagok páraáteresztőképességének mérésével az MSZ EN ISO 12572:2016 szabvány foglalkozik. Az épületszerkezetek és épületelemek légáteresztőképességét az MSZ EN 12114:2000 szabvány szerint lehet megvizsgálni.

Lásd még: Hidrodinamikai permeabilitás, *Darcy-féle* törvény, Diffúziós együttható

Pernye, szálló pernye, porszénhamu

Angolul: Fly ash

Németül: Flugasche

A pernye széntüzelésű erőművek portalanító berendezéseiben összegyűjtött szilárd égési maradék, amelyet elektrofilter-pernyének, porszénhamunak, szállópernyének is neveznek. A pernye főbb alkotói a szén éghetetlen ásványi összetevői, így amorf kavasav, agyag, vas-oxid, és kis mennyiségben mész (CaO). Jelleget tekintve a mész-modulus (CaO/SiO_2) nagyságától függően a pernye savas (savanyú) vagy bázikus (mészben gazdag) pernye.

A pernye összetétele és így reakcióképessége a kiindulási anyag, a szén összetételétől és égési hőmérsékletétől függ. Mind a szén minősége, mind égési hőmérséklete elsősorban a pernye CaO-tartalmát és az izzítási veszteséget (angolul: loss on ignition, németül: Glühverlust) befolyásolja. Alapvetően meg kell különböztetni a kőszénből és a barnaszénből (lignitből) származó pernyét. Míg a kőszénpernye CaO-tartalma kisebb, 10% alatt van (savanyú pernye), addig a lignitpernye (barnaszénpernye) akár 45% CaO-t is tartalmazhat (bázikus pernye), amelynek egy része oltatlan égetett mész, azaz szabad CaO. A lignitpernye akár 30% kén-trioxidot (SO_3 , színtelen vagy fehér kristályos szilárd anyag) is tartalmazhat. A 0,5 alatti mész-modulusú (CaO/SiO_2) pernyék reakcióképessége puccolános, a 0,5 mész-modulus felettieké latens hidraulikus. Nagyobb CaO-tartalom esetén a mész-modulus az 1,0 értéket is elérheti. (*Wesche et al.*, 2. kötet, 1993)

Mint ahogy a szabad mész (CaO) és a kén-trioxid (SO_3) a cementkő duzzadását okozhatja, és a lignitpernye összetétele is jobban ingadozik, mint a kőszénpernye összetétele, ezért Németországban csak legfeljebb 0,2 mész-modulusú (CaO/SiO_2) kőszénpernyét (savanyú pernyét) volt szabad portlandcement főalkotórészeként és beton kiegészítőanyagként alkalmazni. (*Wesche et al.*, 2. kötet, 1993)

Az MSZ EN 197-1:2011 szabványban pernyeportlandcementek készítéséhez mind a savanyú pernye (CEM II/A-V, CEM II/B-V), mind a bázikus pernye (CEM II/A-W, CEM II/B-W) alkalmazását megengedik, 6-20 tömeg%, (A típusú termékek) illetve 21-35 tömeg% (B típusú termékek) arányban, ha a pernye izzítási vesztesége a megadott korlátok (0-5; 2-7; 4-9 tömeg%) közé esik. Az MSZ EN 196-2:2013 szabvány szerint meghatározandó izzítási veszteség MSZ EN 197-1:2011 szabványban lévő határértékei a cementgyártáshoz felhasználható pernyében lévő elégtelen szén megengedett mennyiségét fejezik ki. Nem teljeskörű feltétel, hogy a cementgyártási savas pernyében (V) a reakcióképes kalcium-oxid aránya legfeljebb 10,0 tömeg%, a szabad kalcium-oxid-tartalom legfeljebb 1,0 tömeg% lehet; a bázikus pernyében (W) az aktív kalcium-oxid aránya több, mint 10,0 tömeg%.

A savas pernye-tartalmú CEM II/A-V és CEM II/B-V pernyeportlandcementet valamennyi környezeti osztályú beton, a bázikus pernye-tartalmú CEM II/A-W és CEM II/B-W pernyeportlandcementet csak az X0 és az XC2 környezeti osztályú beton készítéséhez szabad alkalmazni. (*Klausen et al.*, 2013)

A szilícium-dioxidban (kavasavban) gazdag, a mészben gazdag és e kettő közé eső puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú, úgynevezett II. típusú kiegészítőanyagként alkalmazható, porszén tüzelési pernyék tulajdonságait, követelményeit és megfelelőségi feltételeit az MSZ EN 450-1:2013 szabványban tárgyalják. E szabvány szerint az izzítási veszteség az A kategóriában legfeljebb 5 tömeg%, a B kategóriában legfeljebb 7 tömeg%, és a C kategóriában

legfeljebb 9 tömeg% lehet. Ha a szabad kalcium-oxid-tartalom nagyobb, mint 1,5 tömeg%, akkor meg kell vizsgálni, hogy a pernye térfogatállandó-e. A reakcióképes kalcium-oxid mennyisége legfeljebb 10 tömeg% lehet, a reakcióképes szilícium-dioxid mennyisége legalább 25% kell legyen. A szilícium-dioxid (SiO_2), az alumínium-oxid (Al_2O_3) és a vasoxid (Fe_2O_3) együttes mennyisége el kell érje a 70 tömeg%-ot.

Az MSZ EN 450-1:2013 szabvány szerinti pernyék 10 tömeg%-nál kisebb reakcióképes kalcium-oxid és legalább 25 tömeg% reakcióképes szilícium-dioxid tartalmuk következtében kimondatlanul is a szilícium-dioxidban gazdag, savas kőszénpernyéknek minősülnek. A lignitpernyék (barnaszénpernyék) általában nem tartoznak az MSZ EN 450-1:2013 szabvány érvénye alá. A legtöbb lignitpernye nagy szulfát- és szabadmésztartalma, valamint egyenetlen összetétele miatt kiegészítőanyagként általában nem alkalmazható. (Klausen et al., 2013)

A DIN 1045-2:2008 szabvány szerint betonkészítéshez kiegészítőanyagként csak A izzítási veszteség kategóriába tartozó pernyéket, tehát csak olyanokat szabad alkalmazni, amelyeknek az el nem égett szénrészekké mennyiségét kifejező izzítási vesztesége legfeljebb 5 tömeg%. (Klausen et al., 2013)

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a pernye kiegészítőanyag mennyisége CEM I cementfajta esetén a cement tömegének legfeljebb 0,33-szorosa, CEM II/A cementfajta esetén a cement tömegének legfeljebb 0,25-szorosa lehet. A víz-kötőanyag tényezőben az adagolt pernye legfeljebb 40%-a vehető kötőanyagként számításba ($k = 0,4 \rightarrow M_{\text{víz}}/(M_{\text{cement}} + 0,4 \times M_{\text{pernye}})$).

A pernyék útépitésbeli talajstabilizációs alkalmazásával hazánkban elsősorban Boromisza Tibor¹⁵³ (1963), id. Gáspár László¹⁵⁴ (1965), Kézdi Árpád¹⁵⁵ (1966, 1967), Fülöp István (1966, 1967), Nemesdy Ervin¹⁵⁶ (1971) foglalkozott.

Lásd még: Mész-modulus

¹⁵³ Boromisza Tibor (1927, Esztergom – 2019, Budapest) okl. építőmérnök. A Műegyetemen 1950-ben szerzett mérnöki diplomát, 1968-ban doktori címet. Munkahelye a többször átszervezett Útügyi Kutató Intézet (UKI), Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet (KÖTUKI) és Közlekedéstudományi Intézet (KTI) volt. Gyakorlati és elméleti tevékenységét elsősorban az útpályaszerkezetek teherbírása, méretezése, a nehéz járművek útpályára gyakorolt hatásainak vizsgálata, az utak fagy- és olvadási károk elleni védelme, illetve geotechnikai kérdéseinek megoldása fémjelzi. Nevéhez számtalan tanulmány, kutatási téma, szakvélemény, könyv és könyvrészlet, tudományos és ismeretterjesztő előadás kapcsolódik. (<https://www.bpmk.hu/index.php/jogszabalyok/item/968-dr-boromisza-tibor-1927-2019>)

¹⁵⁴ id. Gáspár László okl. építőmérnök (1918, Homoródszentmárton – 1996, Budapest), a műszaki tudomány kandidátusa (1963), a műszaki tudomány doktora (1981). Középiskoláit Székelyudvarhelyen és Brassóban végezte, 1936-ban Brassóban érettségizett, 1937-ben Nagykállóban különbözeti vizsgát tett. A József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 1942-ben mérnöki, a párizsi Les Techniques Routieres-ben 1967-ben útügyi és talajmechanikai szakmérnöki oklevelet szerzett. Útépitéssel, az útépités talajmechanikai kérdéseivel, útpályaszerkezetek teherbíróképességi vizsgálatával és méretezésével, a meteorológia útügyi vonatkozásaival foglalkozott; elsőként kezdeményezte a pernyék felhasználását a magyarországi útépitésekben. Legutóbb az Útügyi Kutató Intézet (UKI) laboratóriumvezető tud. főmunkatársa (1956-1970), majd 1971-től a Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet tud. tanácsadója volt. (<https://www.nevpont.hu/palyakep/gaspar-laszlo-54f3b>)

¹⁵⁵ Kézdi Árpád (1919, Komárom – 1983, Budapest) okl. építőmérnök, egyetemi tanár, a műszaki tudomány kandidátusa (1952) és doktora (1958), a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja (1976). Három évtizeden keresztül, 1951-től 1982-ig vezette a Budapesti Műszaki Egyetem Talajmechanika, illetve Geotechnika Tanszékét. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Kézdi_Árpád)

¹⁵⁶ Nemesdy Ervin (1925, Balassagyarmat – 2002, Budapest) okl. építőmérnök, egyetemi tanár. Mérnöki oklevelet a Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 1948-ban szerzett, amikor is az egyetem Út-Vasútépitési és Közlekedési Tanszékére került tanársegédnek. A műszaki tudomány kandidátusa 1953-ban, doktora 1960-ban lett. 1963-1990 között a BME Útépitési Tanszékét vezette. 1973-tól a Közúti és Mélyépítéstudományi Szemle felelős szerkesztője volt. 1989-től vendégtanár volt a Karlsruhei Műszaki Egyetemen. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Nemesdy_Ervin)

Pépigény

Lásd: Adalékanyag pépigénye

pH-érték

Lásd: Hidrogénion-koncentráció

Pixelbeton

Lásd: Fényáteresztőbeton

Poisson-féle tényező, Poisson-féle szám

A *Poisson-féle*¹⁵⁷ *tényező*, pontosabban haránt alakváltozási tényező (μ) a keresztirányú fajlagos alakváltozás (ε_k) és a hosszirányú fajlagos alakváltozás (ε_h) hányadosa: $\mu = \varepsilon_k / \varepsilon_h$.

A *Poisson-féle* tényező szerkezeti építőanyagok esetén $\mu = 0,0-0,5$ közötti szám, értéke az anyag folyósságának (képlékenységének) növekedésével a $\mu = 0,5$ -hez, az anyag szilárdságának (viszkozitásának) növekedésével a zérushoz tart. Meg kell azonban jegyezni, hogy a *Poisson-tényező* értéke izotrop (minden irányban azonos tulajdonságú) anyagoknál $-1,0$ és $0,5$ között változhat. A negatív *Poisson-tényező*jű anyagok – mind különleges szerkezetű hab – belső szerkezete húzás hatására kitágul, az anyag „duzzadni” kezd.

A beton *Poisson-féle* tényezője $\mu_{\text{beton}} \sim 0,167$, az acélé $\mu_{\text{acél}} \sim 0,270$. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.3. szakaszának (4) bekezdése szerint repedésmentes beton esetén $\mu_{\text{beton}} = 0,2$ értékű, berepedt beton esetén $\mu_{\text{beton}} = 0,0$ értékű *Poisson-tényező*vel szabad számolni.

A *Poisson-féle szám* (m_μ) a *Poisson-féle* tényező reciproka: $m_\mu = 1/\mu = \varepsilon_h / \varepsilon_k$.

Poisson-féle valószínűségi eloszlás

A *Poisson-eloszlás* egy diszkrét valószínűségi eloszlás, a binomiális eloszlás határeloszlása. A *Poisson-féle* valószínűségi eloszlás sűrűségfüggvénye:

¹⁵⁷ *Siméon Denis Poisson* (1781, Pithiviers – 1840, Párizs) francia fizikus és matematikus, a párizsi École Polytechnique műszaki főiskola egyetemi tanára, tanszékvezetője, a londoni Royal Society tagja, a francia akadémián (Académie Française) kívül a berlini, stockholmi, szentpétervári, upsalai, bostoni, torinói, nápolyi stb. akadémia tagja. A *Poisson-féle* tényezőt az 1829-ben Párizsban, a Mémoires de l'Académie kiadványban megjelent „Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques” című munkájában tárgyalta először. Ugyanebben a művében minden elméleti követelményt kielégítően vezette le a statikában fontos *Lagrange-féle* rugalmas lemezegyenletet, és adta meg annak peremfeltételeit. (Az 1736-1813 között élt *Joseph Louis Lagrange*, olasz-francia matematikus és csillagász az École Polytechnique-en *Poisson* tanára volt.) *Poisson* a *Poisson-féle* diszkrét valószínűségi eloszlást valószínűség-számítási munkájában 1837-ben Párizsban publikálta (Recherches sur la probabilité des jugements en matières criminelles et matière civile). *Poisson* nevét a párizsi Eiffel-torony első emeleti acél konzoltartóján körbe futó, 72 francia tudós nevét őrző relief délkeleti oldalán megörökítették. (Herzog, 2010), (Bojtár, é.n.)



$$f(x) = \frac{(n \cdot p)^x}{x!} \cdot e^{-n \cdot p}$$

ahol $0 < n \cdot p$ konstans, és eloszlásfüggvénye:

$$L(p, n, c) = \sum_{x=0}^c \frac{(n \cdot p)^x}{x!} \cdot e^{-n \cdot p}$$

Ha binomiális eloszlások olyan sorozatát vesszük, melyben az eloszlások n paramétere úgy tart a végtelenbe, hogy közben az $n \cdot p$ szorzat konstans marad (p így nyilván a 0-hoz tart), akkor határeloszlásként *Poisson*-eloszlást kapunk. A *Poisson*-eloszlás annál jobban közelíti a binomiális eloszlást, minél nagyobb az n és minél kisebb a p értéke.

Az OC-görbe értékeinek számszerű kifejezésére is sokszor a *Poisson*-féle valószínűségi eloszlást szokták alkalmazni.

Lásd még: OC-görbe

Poláris kötés

Lásd: Ionos kötésű

Poldi-kalapács

A *Poldi*-kalapácsot (1.5.P2. ábra) Karl Otto Clemens Wittgenstein (1847-1913) német-osztrák acélipari mágánás 1890-1900 között fejlesztette ki a fémek *Brinell*-keménységének helyszíni, roncsolásmentes mérésére.

A vizsgálat során a *Poldi*-kalapácsba helyezzük az eszköz tartozékát képező fém etalonpálcát, majd a *Poldi*-kalapácsot egyik kézzel merőlegesen a vizsgálandó anyag sima felületére tartjuk, és a másik kézben lévő kalapáccsal az eszköz ütőcsapjára ütünk. Az ütés nyomának átmérőjét a vizsgált anyagon és az etalonpálcán is leolvassuk. A *Poldi*-kalapácshoz mellékelt füzetből kiolvassuk az ütésnyom-átmérőknek megfelelő *Brinell*-keménységet, illetve a fém szakítószilárdságát.



1.5.P2. ábra: A Poldi-kalapács

Lásd még: Keménység

<http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/176-kemenyseg.pdf>

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/180-poldi.pdf>

Polimerek

Polimerek ismétlődő egységekből, monomerekből felépülő nagyméretű molekulák, melyekben az egységeket kémiai kötések kapcsolják össze. A polimerek elvileg végtelen sok ismétlődő egységből (monomerből) állhatnak, szemben az oligomerekkel, amelyeket meghatározott számú (10-100) monomer alkot. A polimerek önálló alakkal, térfogattal rendelkeznek.

Két vagy három összekapcsolódó monomer már polimert alkot, de értékes mechanikai tulajdonságokkal rendelkező szilárd anyag előállításához sokkal hosszabb, legalább 500 monomer hosszú láncokra van szükség. Ezeket a „rövid polimerektől” megkülönböztetve, „hosszú polimereknek” nevezzük.

A természetben elő nem forduló, mesterségesen létrehozott vegyületekből szintetizált polimerek lehetnek hőre lágyuló polimerek (termoplasztok) vagy hőre keményedő polimerek (műgyanták, azaz duroplasztok) és rugalmas polimerek, elasztomerek (például a polibutadien = szintetikus gumi, a poliklór-opren = neoprén).

A tulajdonképpeni polimereket szerves monomerek alkotják, amelyek C_2H_3 szerves atomcsoportjába beépülő oldalcsoport egyszerűbb esetben egy CH_3 metil-csoport vagy egy hidrogén atom vagy egy klór atom.

Ezzel szemben a szilikonok szilícium alapú polimereinek, például a polidimetil-sziloxánnak a szerves atomcsoportjába szilícium- és oxigénatomok épülnek be.

A mesterséges polimerek mellett vannak természetes alapú mesterséges polimerek (például

viszkóz) és természetesek polimerek, mint például poliszacharidok (például a keményítő), a monoszacharidokból felépülő cellulóz, a polipeptidek, az aminosavakból felépülő fehérjék, a lignin, természetes kaucsuknak is nevezett rugalmas polisopren.

A lignin a növények sejtfalában lerakódó aromás vegyületekből álló szervesanyag. Az első, először 1930-ban alkalmazott beton-képlékenyítő adalékszer bázisa a lignin-szulfonsav sója, amely modifikált természetes polimer.

A műanyagok nem szinonimája a polimereknek, a műanyag = polimer + egyéb összetevő anyag.

Lásd még: Polimerizációs fok, Műanyagok, Műgyanták, Termoplasztok, Szilikonok

Polimerizációs fok

A polimer láncok hosszúsága és relatív molekulatömege (molekulasúlya) a polimer felépítésének fontos jellemzője. A polimerben lévő monomerek számát (n) polimerizációs foknak (DP, P_n) nevezzük: $DP = n_0/n$ ahol n_0 a molekulák száma a polimerizáció elején és n a polimerizáció végén. Ha $n = 1$, akkor $DP = P_n = n$.

A kereskedelmi forgalomban lévő polimerek polimerizációs foka: $10^3 \leq P_n \leq 10^5$.

A polimerek polimerizációs foka a $P(P_n)$ valószínűségi gyakoriság szerint pontról pontra változik, ezért csak a polimerizációs fok átlagértékéről ($\bar{P}_n$) beszélhetünk:

$$\bar{P}_n = \int_0^{\infty} P_n \times P(P_n) \times d(P_n)$$

Ha a polimerizációs fok átlaga: $\bar{P}_n < 300$, akkor a polimernek nincs szilárdsága, mert a rövid molekulák egymás mellett elcsúszhatnak. Például $\bar{P}_n > 103$ átlagos polimerizációs fok esetén a polietilén már alig munkálható meg.

A polimerizációs fok átlagértékének növekedésével növekszik a szilárdság és a viszkozitás is.

A polimer molekulatömegét a P_n polimerizációs fokból és a monomer molekulatömegéből könnyen ki lehet számítani. Például az etilén monomer (C_2H_4) molekulatömege 28. Ha a polietilén (PE) polimerizációs foka például 104, akkor a polietilén molekula átlagos relatív molekulatömege: $28 \times 104 = 280000$.

Lásd még: Polimerek

Polimerszálak

MEG KELLENE ÍRNI A BETON-KALENDER 2017. 1. KÖTET 391. OLDALÁTÓL

Lásd még: Szintetikus erősítőszálak, Tűz hatása a betonra

Polipropilénszál-erősítésű beton

Lásd: Szálerősítésű beton

Porozimetria, porometria

A porozimetria vagy porometria a porózus testek póruseloszlásának és az üregek (pórusok) térfogatának poroziméteres meghatározásával foglalkozik. (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

Lásd még: Poroziméter, Porozitás, Pórus

Poroziméter

Poroziméternek a porozitás mérésére alkalmas készülékeket nevezik. A légnyomással vagy légrítkítással működő készülékek neve gáz-poroziméter vagy levegővolumen-poroziméter, a pórusokat higanyal töltő készülékek neve higanyos poroziméter vagy higany-poroziméter. (Weiss, III. kötet, 1976)

Lásd még: Porozitás, Pórus

Porozitás, anyagporozitás

A porozitás (*teljes porozitás, összporozitás, valódi porozitás*) az anyagsűrűség és a testsűrűség különbségének és az anyagsűrűségnek a hányadosa, más szóval az anyagban lévő pórusok térfogatának és az anyag térfogatának hányadosa. A porozitás és a tömörség összege 1,0. Térfogatarány. Kifejezhető térfogat%-ban is.

$$\begin{aligned} \text{Teljes porozitás} &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\text{Testtérfogat} - \text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = \\ &= \frac{\text{Hézagok térfogata}}{\text{Testtérfogat}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Teljes porozitás} &= 1 - \text{Tömörség} = p_{\text{anyag}} = \frac{\rho_A - \rho_T}{\rho_A} = 1 - \frac{\rho_T}{\rho_A} = \frac{\frac{M}{V_A} - \frac{M}{V_T}}{\frac{M}{V_A}} = \\ &= 1 - \frac{V_A}{V_T} = 1 - t \end{aligned}$$

A *Römpf* Vegyészeti Lexikonban (*Neumüller* szerk., 3. kötet, 1983) írják, hogy a porozitás valamely anyag vagy bevonat azon tulajdonságának megnevezése, hogy pórusos. Megkülönböztetnek *finom* és *durva*, valamint *nyílt (látszólagos)* és *zárt porozitást*. Az *összporozitás (valódi porozitás)* magában foglalja a nyílt és a zárt pórusokat.

A *szilárd testek teljes porozitását* optikai úton, mikroszkóppal, metszeteken, vékony csiszolatokon is meg lehet mérni a pórusok számának, nagyságának, alakjának és esetleg a pórusok közötti távolságnak a meghatározásával. A megszilárdult beton légbuborék-szerkezetét így módon kell az MSZ EN 480-11:2006 szabvány szerint meghatározni. A légbuborék-jellemzők meghatározásáról a <http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/58-legbuborek.pdf> weboldalon részletesebben lehet olvasni.

Az *abszolút porozitás* az üregtérfogat (pórustérfogat) és az anyag teljes (üregekkel együtt mért) térfogatának a viszonya.

A *látszólagos porozitás* vagy *relatív porozitás* a vizsgáló folyadék által elfoglalt üregek térfogatának és az anyag teljes (üregekkel együtt mért) térfogatának a viszonya, más szóval az anyag térfogatarányban kifejezett vízfelvétele. A látszólagos porozitást légköri nyomáson szokás meghatározni. A látszólagos porozitás mindig kisebb, mint az abszolút porozitás.

A pórusok kapcsolata szerint megkülönböztetjük a *zárt és a nyílt (nyitott) porozitást*. A *teljes porozitás* (összes porozitás) a zárt és a nyílt porozitás összege. A zárt porozitású anyagok nem vízáteresztők. A nyílt porozitás a kapillárisként átjárható nyitott pórusok rendszere; a nyílt porozitású anyagok általában folyadék- és gázáteresztők. (*Weiss*, III. kötet, 1976)

A *zárt porozitást* optikai készülékekkel, a *nyílt porozitást* például higanyos poroziméterrel, 150 at nyomással ¹⁵⁸ működő vízfelvétel vizsgáló készülékkel (DIN 52103:1986) vagy gáznyomással működő poroziméterrel lehet vizsgálni. (*Weiss*, III. kötet, 1976)

Például a természetes kőanyagok nyílt porozitását az MSZ EN 1936:2007 szabvány szerint úgy kell meghatározni, hogy a 70±5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított és exsikkátorban szobahőmérsékletre hűtött henger, kocka vagy hasáb alakú természetes kőanyagpróbatetek tömegét (m_d) le kell mérni, vákuumkamrába kell helyezni, és a vákuumkamra nyomását 2,0±0,7 kPa = 15±5 Hg mm értékre kell csökkenteni, hogy az 2±0,2 óra alatt a levegőt a nyitott pórusokból kiszívja. Ezután az edényben álló próbateteket lassan

¹⁵⁸ 1,033 at = 100 kPa = 1,01325 bar = 760 Hg mm

(15 perc alatt) ioncserélt vízzel kell borítani, és a vákuumkamrában $2,0 \pm 0,7$ kPa nyomáson, 24 ± 2 óra időtartamon át víz alatt kell tartani, majd 24 ± 2 órai légköri nyomáson tartás után a tömegüket víz alatt (m_h) és a vízből kivéve (m_s) le kell mérni. A nyílt porozitást százalékban a következő képlettel lehet kiszámítani:

$$p_0 = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100$$

Betontechnológiai szempontból különös jelentősége van a cementkő porozitásának, egyrészt, mert például a víz-cement tényezővel, a szilárdítás módjával, a hidratációs fokkal stb. befolyásolni tudjuk, másrészt, mert a cementkő minden tulajdonsága a cementkő porozitásának a függvénye. *Balázs György* professzor írta (1987), hogy *Powers* szerint a cementkő R_c kockaszilárdsága a pórusmentesnek feltételezett cementkő $R_{c,max}$ szilárdságától és a cementkő p_c [térfogat-%] porozitásától (kapillárisoktól, légpórusoktól) hatványozottan függ:

$$R_c = R_{c,max} \times \left(1 - \frac{p_c}{100}\right)^n$$

Balázs professzor (1987) kísérletei szerint a cement őrlési finomságának hatása a cementkő húzószilárdságára a cementpép kezdeti porozitásától is függ. Megállapította, hogy az érlelési (gőzölési) hőmérséklet növelésével nő a cementkő porozitása és durvul a pórusszerkezet. minden tényező, amely csökkenti a cementkő porozitását, növeli annak szilárdságát.

Lásd még: Cementkő, Látszólagos porozitás, Légbuborék, Poroziméter, Pórus, Tömegállandóság, <http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/58-legbuborek.pdf>

Porozitás foka

A porozitás foka számszerűen fejezi ki valamely anyag pórustérfogatát az anyag ösztérfogatának százalékában. (*Neumüller* szerk., 3. kötet, 1983)

Lásd még: Porozitás, Pórus

Portland, portlandkő

Portland annak az Egyesült Királyságbeli Dorsetshire grófságban lévő félszigetnek a neve, amelynek szürke színű oolitos mészkőszikláihhoz (portlandkő) színben és szilárdságban való hasonlatossága miatt *J. Aspdin*¹⁵⁹ leedszi angol kőművesmester az általa feltalált és 1824-ben szabadalmaztatott portlandcementet elnevezte (*Neumüller* szerk., 3. kötet, 1983), (*Riesz et al.*, 1989).

Lásd még: Portlandcement

Portlandcement

A portlandcement szilikát alapú hidraulikus kötőanyag, amely a finomra őrölt

¹⁵⁹ *Joseph Aspdin* (1778, Leeds, Egyesült Királyság – 1855, Wakefield, Egyesült Királyság) kőművesmester. Apja nyomdokába lépve 1817-ben, Leeds központjában saját üzletet nyitott, és bizonyára itt kísérletezett a következő néhány évben a cementkészítéssel; „A mesterséges kő készítményének továbbfejlesztése” (An Improvement in the Mode of Producing an Artificial Stone) című szabadalmára – amelyben a portlandcement kifejezést használta – 1824-ben nyert védettséget. Nem sokkal ezután *William Beverley*-vel Kirkgate-ban gyáruzetemet alapított. A *Joseph Aspdin*-féle portlandcement habarcskészítésre volt alkalmas. 1825-ben mészt előállítására kapott szabadalmat. *Joseph Aspdin* 1844-ben nyugdíjba vonult, és a vállalat részvényeit átruházta a könyvelőként dolgozó idősebb fiára (*James Aspdin*-ra). (https://de.wikipedia.org/wiki/Joseph_Aspdin)

Fiatalabb fia (*William Aspdin*, 1815-1864) 1841-ig vezette apja gyárát, majd Rotherhithe-ben már betonkészítésre alkalmas cementet gyártó üzemet alapított. *William Aspdin* 1857-ben eladta vállalkozását, Németországba költözött, ahol Altonában és Lägerdorfbán megalapította az első német cementgyárakat. *William Aspdin* Itzehoe-ban (Schleswig-Holsteins) halt meg. (https://de.wikipedia.org/wiki/Joseph_Aspdin)

portlandcementklinkeren kívül az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint főalkotórészként granulált kohósalakot, puccolános anyagot, pernyét, égetett palát, mészkövet, szilikaport is tartalmazhat, és kötés szabályozás céljából kalcium-szulfátot (gipszkövet, anhidritet), esetleg a cementgyártási eljárást vagy a cement tulajdonságait javító adalékot tartalmaz.

E megfogalmazás annyiban pontatlan, hogy az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti, legalább 36 tömeg% őrlött granulált kohósalakot tartalmazó cement neve: kohósalakcement, és a „portland” jelző ugyanígy nem szerepel a több főösszetevős puccoláncement és a legalább 18 tömeg% őrlött granulált kohósalakot tartalmazó kompozitcement megnevezésében sem.

A nagyon kis hőfejllesztésű különleges cementekkel az MSZ EN 14216:2015, a nagy szulfáttartalmú kohósalakcementekkel az MSZ EN 15743:2010+A1:2015, a kalcium-aluminát cementekkel az MSZ EN 14647:2007, a kőművescementtel az MSZ EN 413-1:2011 szabvány, a mérsékelten szulfátálló cementekkel az MSZ 4737-1:2013 foglalkozik.

Érdekes olvasmány a portlandcement feltalálásáról *Szepessy Géza* írása a Műemlékvédelem című folyóirat XV. évfolyam 1971. évi 3. számának 190-191. oldalán (https://adt.arcanum.com/hu/view/Muemlekvedelem_1971):

A Basf Zeitschrift 1968. 2. sz. - (Ludwigshafen)-ban foglalkozik *C. Zender* a cement történetével (v.ö. Műemlékvédelem. 1964. évf. 254. old.)

A portlandcement felfedezőjének az angliai Leeds-i kőművesmester *Josef Aspdin*-t tartják, aki szabadalmát („Patent 5022”) 1824. október 21-én adta be, egy műköféle gyártására és előállítására.*

A portlandcementet valójában *Aspdin* találta fel, hiszen a rómaiak még nem tudták, hogy egészen az olvadáspontig hevítsék az anyagot. Tehát a rómaiak ott voltak a jó portlandi cement feltalálásánál és sokkal nagyobb csoda, hogy nem találták fel, mintha feltalálták volna.

Aspdin találmányát húsz évvel később *Johnson* tökéletesítette, aki 1811-ben született és 100 éves korában hunyt el. Ő volt az, aki rájött a kémiai összefüggésekre és egészen pontos technológiát dolgozott ki, melyet 1844-ben mutatott be. Így a mai fogalmak szerinti portlandcement feltalálója *Isaac Charles Johnson*¹⁶⁰ volt.**

Tényként kell elfogadni, hogy *Aspdin*ra nagy hatást gyakorolt a római cement és ez ösztönözte az „új anyag” feltalálására, melyet *Johnson* tökéletesített.

* *Aspdin* beadványának hevenyészett szövege:

„Leeds, 1824. okt. 21. „Patent 5022”. Előállítása és tökéletesítése egy mesterséges kőnek. Művem célja az, hogy egy műkövet vagy cementet állítsuk elő épületek, vízműépítkezések, vagy hasonló épületek bevakolásához, vagy önálló elemek előállításához. Ezt az anyagot én „portlandcement” néven nevezem. Előállítását a következőként csinálom:

Bizonyos mennyiségű mészkövet veszek kiégetve, melyet megtisztítok portól és habjától egyaránt (is reduced) amit azután egy lapon elterítek majd vízzel megöntözk. Így pótlom ki az épületrészt is, de így készítek járőfelületet is. A helyben hagyom a kiforrást és a kihűlésnél lesimítom. A mészhez azonban hozzákeverek egy bizonyos mennyiségű agyagot vagy

¹⁶⁰ *Isaac Charles Johnson* (1811, London – 1911,) brit cementgyáros, cementkutató. 1933-ban Swanscombe-ban lett a cementgyár vezetője. Minthogy az egyébként sikeres *Aspdin*-féle portlandcement nagyon drága volt, *Johnson* megkísérelte annak összetételét megfejteni, de a portlandcement szabadalmi védettsége folytán nem jutott eredményre. Így *Johnson* két évi munka árán az *Aspdin*-féle portlandcement saját maga jelentősen továbbfejlesztett változatát kezdte gyártani (1844), amit *Joseph Aspdin* sérelmezett. Nem sokkal ezután *Johnson* saját céget és Frindsbury-ben, Cliffe-ben és Greenhithe-ben cementgyárat alapított. A greenhithe-i üzem 1971-ig működött. *Isaac Charles Johnson* Gateshead és Kent körzeti bírójaként, valamint Gravesend Borough járás tanácsosaként is szolgált. (https://en.wikipedia.org/wiki/Isaac_Charles_Johnson)

agyagtartalmú földet és ehhez öntöm a vizet. Ezt az agyagot el is szállíthatom még forrás alatt és oda tehetem deszkák közé, ahol szükség van rá. Ha azonban ezt az anyagot napon szárítom, majd darabokra töröm és ismét kiégetem égetőkályhában, akkor a szénsav teljesen elmegy belőle. Ezt azután finom porrá őrlöm, színezhetem és más anyagokkal (homok, trasz, murva) keverhetem és vízzel keverve olyan formába önthetem, amilyen műkövet akarok csinálni. Találmányom lényege, hogy kétszer égetem ki. Így azután olyan műkövet vagy vakolatot tudok előállítani, mely ezideig nem volt ismert."

Természetesen *Aspdin* leírata nehézkes, nem egészen világos, de annyi megállapítható, hogy ebből alakította ki húsz évvel később *Johnson* a valódi „portlandcementet."

**** *Johnson* találmányáról részletes leírást ad *Quietmeyer*: „Zur Geschichte des Portlandcementes.” Diss., Hannover. 119. oldalon.**

Lásd még: Klinker, Kohósalak, Kőművescement, Pernye, Portland, Puccolán, S-54 szulfátálló portlandcement, Szilikapor, Szulfátálló cement

Portlandit

Portlandit a kalcium-hidroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ásványtani neve. A természetben szál, por vagy tömör alakban viszonylag ritkán előforduló, színtelen vagy zöldesfehér trigonális vagy hexagonális kristály. *Cecil Edgar Tilley*¹⁶¹ a Ballygalley közelében fekvő Scawt Hill vulkáni kúpon (Észak-Írország) felfedezett ásványt (portlanditot) 1933-ban írta le, és nevezte el a portlandcementhez való hasonlatossága alapján portlanditnak (*Riesz et al.*, 1989).

Lásd még: Rankin-diagram

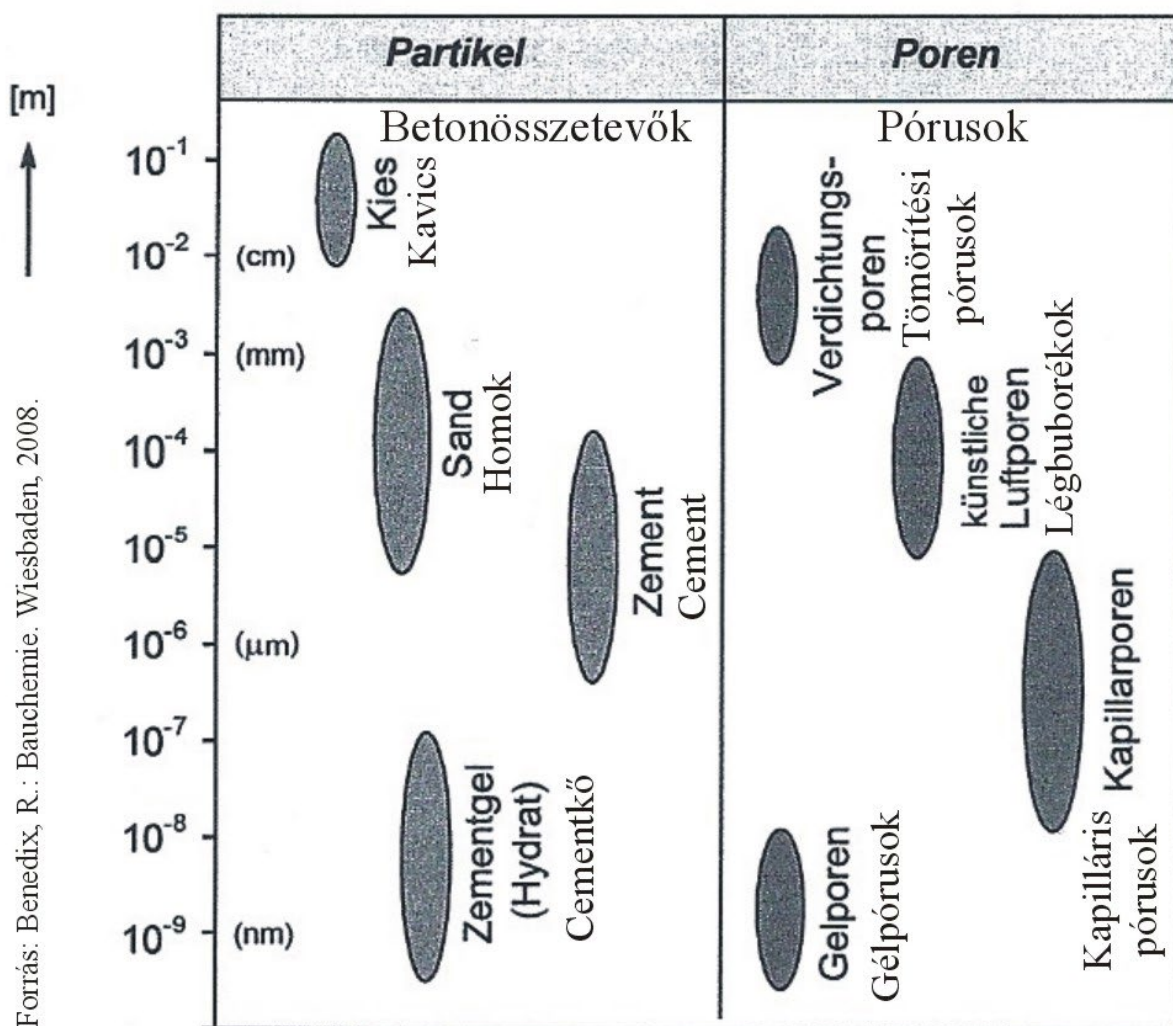
Pórus, légpórus

A pórus az anyagban lévő, levegővel vagy más gázzal, folyadékkal kitöltött üregeknek a görög „porosz” (= lyuk) szóból származó megnevezése. Mélységi eloszlásuk viszonylag nagy a keresztmetszetükhöz képest. Attól függően, hogy szabad szemmel felismerhetők-e vagy sem, más szóval, hogy 20 μm -nél nagyobbak vagy kisebbek, *durva pórusokat* és *finom pórusokat* különböztetünk meg. A *nyílt pórusok* összeköttetésben állnak a környezetükben lévő közeggel, a *zárt pórusokba* semminemű gáz vagy folyadék behatolása sem lehetséges. (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983)

A betontechnológiában a pórus (*légpórus*) a betonban, illetve a cementkőben akaratunk ellenére jelen lévő pórusok megnevezése. A légbuborékképző adalékszerrel a beton fagy- és olvasztósó-állóságát javítandó, a friss betonba szándékosan bevitt légpórusokat *légbuborékoknak* nevezzük.

A beton számos tulajdonsága, különösen a szilárdsága és a tartóssága a cementkőben lévő pórusok jellegétől, főképp méretétől függ; a legkisebb és a legnagyobb pórus méretének az aránya mintegy egy a tízmillióhoz (1.5.P3. ábra), (*Benedix*, 2008), (*Stark et al.*, 2013):

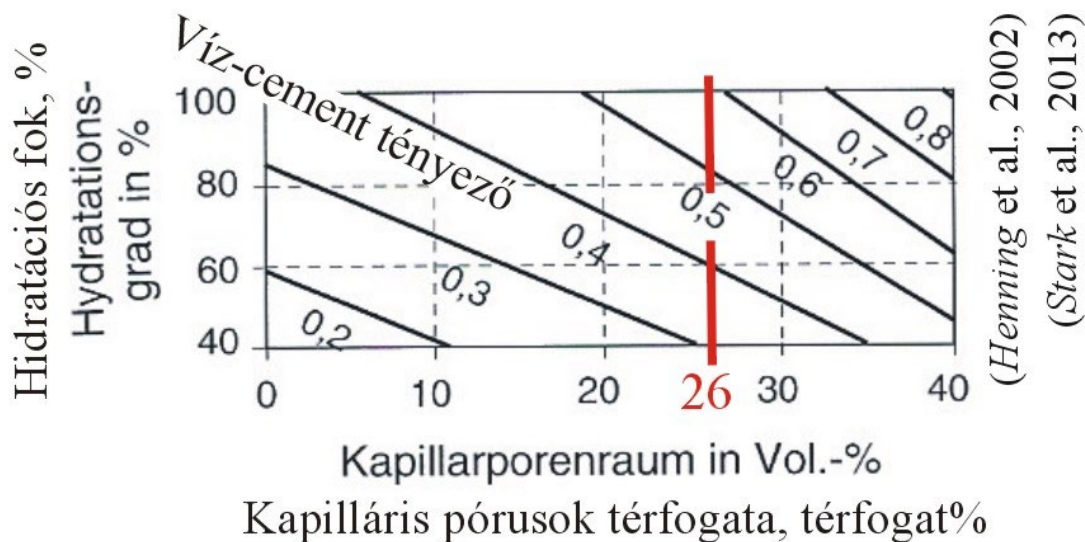
¹⁶¹ *Cecil Edgar Tilley* (1894, Adelaide – 1973, Cambridge) ausztrál-brit geológus, 1931-től az University of Cambridge egyetemen az ásvány- és közettan professzora.



1.5.P3. ábra: A beton összetevőinek és a cementkő pórusainak nagyságrendje (Benedix, 2008)

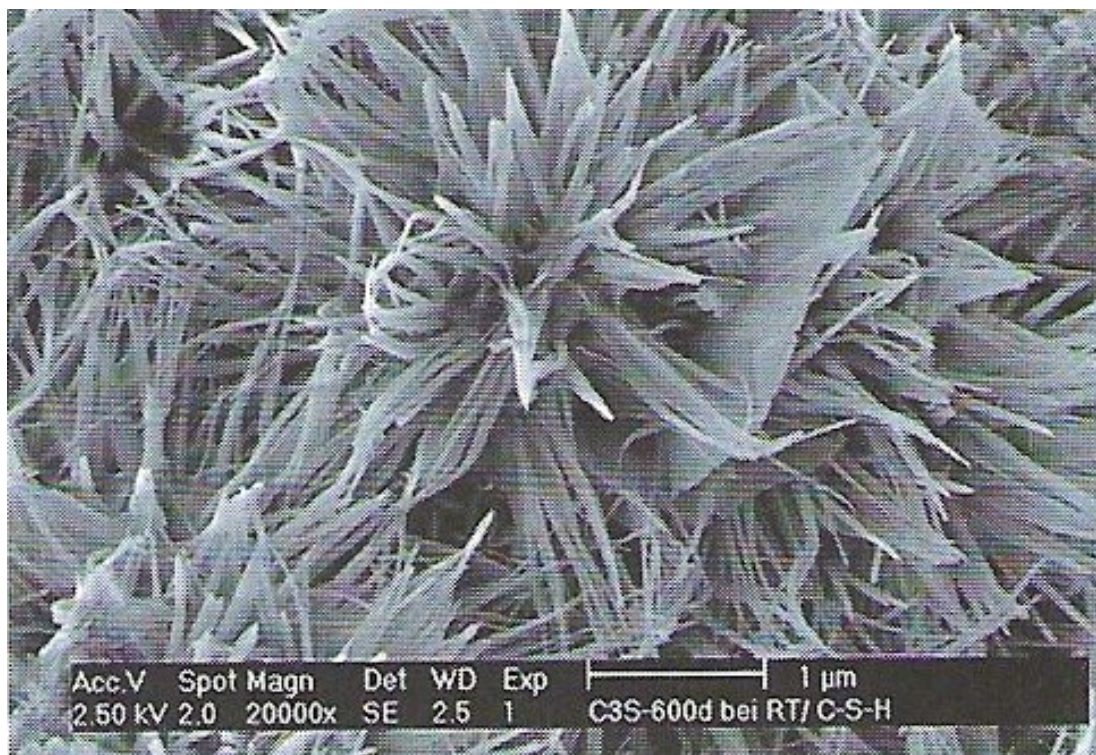
- A *tömörítési pórusok* a legnagyobbak, a bedolgozással kerülnek a betonba, és utólagos tömörítéssel nem szüntethetők meg teljesen. Kialakulásukat a konzisztencia jelentősen befolyásolja, a földnedvesebb keverékeknek nagyobb a pórustartalma, mint a képlékenyebb keverékeknek. A tömörítési pórusok egy része szabad szemmel látható, méretük 1 μm -tól néhány mm-ig terjed. (Magyarázat: 1 mikrométer = 1 μm = 0,001 mm = 10^{-3} mm)
- A *kapilláris pórusok* a keverővíznek abból a részéből maradnak vissza, amely nem épül be a cement hidratációs termékeibe, és fizikailag sem kötődik a hidratációs termékekhez. A cementkő kezdeti pórustartalma a víz-cement tényezőtől és a cementfajtától függ. A kapilláris pórustartalom a hidratáció előrehaladtával csökken, mert az újonnan képződött hidratációs termékek további keverővizet kötnek meg kémiai és fizikailag. Durva közelítéssel feltételezhető, hogy 0,4 víz-cement tényező és teljes hidratáció esetén – amikor elméletileg nincsenek kapilláris pórusok, és az összes keverővíz kötött formában van a cementkőben – a kémiai kötött víz aránya a kezdeti, még nem hidratált cementre vonatkoztatva mintegy 25 tömeg%, a fizikailag kötött vize mintegy 15 tömeg%. Powers és Brownyard (1948) kimutatta, hogy a teljes hidratációhoz a cement tömegére vonatkoztatott mintegy 26 tömeg% vízmennyiség szükséges. A gyakorlatban a hidratációs fok (például a már hidratált cement és az összes cement tömegének hányadosa, lásd könyvünk 16.1. fejezetét) még kis víz-cement tényező mellett is mindig 100% alatt van, és teljesen kapilláris pórus nélküli betont nem lehet készíteni; arra azonban törekedni kell, hogy a kapilláris pórusok aránya a

cementkőben ne haladja meg a 25 térfogat%-ot, mert ez alatt az érték alatt a kapilláris pórusok nem kapcsolódnak egymáshoz. Ez teljes hidratáció esetén $x = 0,6$ alatti víz-cement tényezővel érhető el (1.5.P4. ábra). A folyadékok és gázok a megszilárdult betonba gyakorlatilag a kapilláris pórusokon hatolnak be, ezért jelentőségük a beton tartóssága szempontjából nagyon nagy. A kapilláris pórusok méretének nagyságrendje 10 nm és 100 μm között van, legnagyobb méretük általában 100 nm alá esik. (Magyarázat: 10 nanométer = 10 nm = 10^{-5} mm és 100 μm = 0,1 mm = 10^{-1} mm)



1.5.P4. ábra: A kapilláris pórusok aránya a cementkőben, térfogat%-ban, a hidratációs fok és a víz-cement tényező függvényében Powers és Brownyard (1947) szerint (Henning et al., 2002), (Stark et al., 2013)

- A *zsugorodási pórusok* keletkezése a hidratációval elkerülhetetlenül együtt jár, mert a cementpép kiindulási összetevőinek térfogata a hidratációs termékek térfogatánál nagyobb. Méretük mintegy 10 nm, de egy részük a gélpórusok tartományába, 0,5 nm és 10 nm közé esik.
- A *gépórusok* a cementkő legkisebb pórusai, amelyek a cementgél, illetve a C-S-H fázisok (kalcium-szilikát-hidrát fázisok, $3\text{CaO} \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) részét alkotják. Ezek alapvetően nem a köznyelvi értelemben vett pórusok, hanem a C-S-H fázisok nanométer nagyságrendű méretű tüi közötti terek. Megjegyzendő, hogy a „gél” kifejezés geometriailag (a méret tekintetében) helyes, kémiai-ásványtani szempontból viszont téves, mert a C-S-H fázisok finom kristályok (1.5.P5. ábra). A hidratációs termékek összetevőjeként a gélpórusok mennyisége a hidratáció előrehaladtával növekszik. A gélpórusok általában mindig pórusoldattal töltöttek, és gyakorlatilag gázt nem engednek át. A gélpórusok mérete általában kisebb, mint 10 nm.



1.5.P5. ábra: C-S-H kristályok ESEM környezeti pásztázó elektronmikroszkópi felvétele, 20000-szeres nagyítás. (Stark et al., 2013). Megjegyzés: A környezeti pásztázó elektronmikroszkóp (ESEM, Environmental scanning electron microscope) főképp abban különbözik a hagyományos pásztázó elektronmikroszkóptól (SEM, Scanning electron microscope), hogy a mintakamrában kisebb a vákuum, azaz nagyobb a nyomás, és a minta körül jellemzően 130-1300 Pa nyomású gáz (például gőz, nitrogén vagy levegő) helyezkedik el.

(https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_scanning_electron_microscope,
https://de.wikipedia.org/wiki/Environmental_Scanning_Electron_Microscope)

- A *mesterséges légbuborékok* a megfagyott víz tágulási tereként szolgálva és a kapillárisokat megszakítva növelik a beton fagy- és olvasztósó-állóságát. A légbuborékok átmérője kisebb legyen, mint 300 μm. A légbuborékok távolsági tényezője az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázatában az XF2 és XF3 környezeti osztályú beton esetére előírt 0,22 mm-nél, az XF4 környezeti osztályú beton esetére előírt 0,18 mm-nél ne legyen több. A 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályú beton esetén legalább 1,2 térfogat%, az XF4 környezeti osztályú beton esetén legalább 2,1 térfogat% legyen.

A pórusrendszert a beton utókezelésétől erősen függő víz/-cement tényező és a hidratációs fok mellett a cement típusa is befolyásolja. Például a kohósalakcementet tartalmazó betonok szövetszerkezete tömörebb, géltartalma nagyobb és kapilláris pórustartalma kisebb, mint az azonos módon utókezelt, portlandcementet tartalmazó betonoknak.

A megszilárdult cementkő, illetve beton környezeti feltételeinek romlása szövetszerkezetkárosodást, pórustartalom-növekedést, szilárdágvesztést, áteresztőképesség-növekedést, tartósságcsökkenést stb. okozhat.

Lásd még: Légbuborék, Légpórus, Porozitás, Távolsági tényező

Pórusbeton

Lásd: Gázbeton, Könnyűbetonok

Pórushossz

A pórushosszat elektro-fizikokémiai módszerek alkalmazásával szokták meghatározni. Pórushossz számítási modell felírása során a pórusokat általában merev falú hengereknek képzelik el, és sok esetben a fajlagos pórusszám, a pórus átmérője, fajlagos felülete, a cementkő testsűrűsége függvényében adják meg. (*Pomonis et al.*, 2018)

Nagyobb fajlagos pórushossz (mm/mm^3), illetve hosszabb kapillárisok esetén a cementkő kor-tényezője nagyobb, azaz a diffúziós együttható időbeli kisebb, lassúbb csökkenése folytán a beton tartóssága szempontjából kedvezőtlenebb, mint kisebb fajlagos pórushossz esetén. (*Spránitz et al.*, 2024)

Lásd még: Kor-tényező.

Pórusméreteloszlás

A pórusméreteloszlás a pórusok nagyság (méret) szerinti eloszlásának térfogatszázalékban kifejezett geometriai jellemzője.

A pórusméreteloszlásnak szemhalmazok tekintetében bizonyos értelemben a szemmegoszlás (szemeloszlás) a megfelelője.

Lásd még: Porozitás, Pórus

Pórustérfogat

A pórustérfogat az anyagban lévő üregek (pórusok) térfogatának az elnevezése. (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983)

Lásd még: Porozitás, Pórus

Pórusvíz

Lásd: Elgőzölhető víz, Pórus

Prefixumok

A prefixum latin eredetű szó, amely valamely szó elé tett módosító szócskát jelent.

A mértékegységek többszöröse és törtrésze prefixumokkal fejezhető ki (*1.5.P6. ábra*). A prefixumot az egységgel egybe (például kilonewton), jelét közvetlenül az egység jele elé (például kN) írjuk. Az alkalmazások során előnyben részesítik a hárommal osztható kitevőjű prefixumokat (*Fodor*, 1971).

Lásd még: Mértékegységek

Multiplication Factor	Prefix	Symbol
1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}	exa ^a	E
1 000 000 000 000 000 = 10^{15}	peta ^a	P
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^9	giga	G
1 000 000 = 10^6	mega	M
1 000 = 10^3	kilo	k
100 = 10^2	hecto ^b	h
10 = 10^1	deka ^b	da
0.1 = 10^{-1}	deci ^b	d
0.01 = 10^{-2}	centi ^b	c
0.001 = 10^{-3}	milli	m
0.000 001 = 10^{-6}	micro	μ
0.000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p
0.000 000 000 000 001 = 10^{-15}	femto	f
0.000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	atto	a

^a Adopted by the CGPM in 1975.

^b To be avoided where practical, except as noted in 3.2.2.

1.5.P6. ábra: Prefixumok táblázata az ASTM E 380:1976 „Standard for Metric Practice” című szabványban

Próbatestek „szabványos” tárolása

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati próbatesteket ¹⁶² az MSZ EN 12390-2:2019 szabvány 6.5.2. szakasza szerint kizsaluzásuktól szilárdságvizsgálatukig (20 ± 2) °C hőmérsékletű vízben vagy (20 ± 2) °C hőmérsékletű és legalább 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni, és közvetlenül a törés előtt kell a vízből vagy a klímakamrából kivenni. Ez a művelet nyilvánvalóan csak sablonban készített próbaestekkel végezhető el.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a *próbakockákat* szabad vegyesen, azaz kizsaluzásuktól 7 napos korig víz alatt, utána szilárdságvizsgálatukig laboratóriumi levegőn tárolni, de a vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságát ($f_{ci,cube,test,H}$) – *könyvünk 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábrája* szerint az $f_{ci,cube,test} = 0,92 \times f_{ci,cube,test,H}$ összefüggéssel – át kell számítani a végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdságára ($f_{ci,cube,test}$). Az átszámítást az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3. szakaszában sem kifogásolják.

Lásd még: Nyomószilárdsági osztály

Proceq-B görbe

Proceq SA több mint 50 évvel ezelőtt vízszintes ütésirányra kidolgozott nyomószilárdság becslő alapösszefüggése hagyományos *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálathoz.

A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálattal részletesen *könyvünk 20.1.3.1. fejezetében* foglalkozunk.

Lásd még: Schmidt-kalapács, Üllő a Schmidt-kalapácshoz

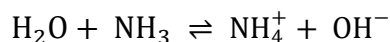
¹⁶² Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint „szabványos” alakú és méretű nyomószilárdság vizsgálati próbatest a Ø150×300 mm méretű próbahenger és a 150 mm élhosszúságú próbakocka.

Protolizálás

Protolizálás a bázisok és savak proton leadási és felvételi folyamata oldatokban.

Protolízis

Protolízisnek a proton (hidrogénion) átadás-átvétellel járó kémiai reakciókat nevezzük. Protolízis, ha egy savból és a megfelelő bázisból álló rendszer (például: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$) és egy bázisból és a megfelelő savból álló rendszer (például: $\text{NH}_3 + \text{H}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$) egymással reagál (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983):



A sav-bázis elmélet (*Brønsted*, 1923) szerint a protonokat leadni képes vegyületek vagy ionok savak, a protonokat felvenni képes vegyületek vagy ionok bázisok (*Benedix*, 2008).

Az ion vízzel történő protolízisét néha hidrolízisnek nevezik. A hidrolízis a régebbi, a protolízis az újabb kifejezés (*Benedix*, 2008).

Lásd még: Hidrolízis

Puccolán, puzzolán

A természetes puccolán a geológiai időszakok vulkáni működésének, illetve a megszilárdult hamu- és lávaiszapfolyamoknak a terméke. (*Wesche* et al., 2. kötet, 1993). A puccolán (puzzolán) eredetileg a Nápoly környékén és Ischia szigetén előforduló vulkáni alkáli-trachittufa megnevezése a Vezúv lábánál fekvő Pozzuoli város neve után¹⁶³, ahol a régi rómaiak

163

Elisée Reclus: A Föld. A Földgömb életjelenségeinek leírása. 1867.

A Magyar Tudományos Akadémia segítségével 1879-ben kiadta
a K. M. Természettudományi Társulat az 1878-ik évi könyvilletmény fejében.

Fordította: Király Pál és Révész Samu.

Az eredetivel összehasonlította Hunfalvy János

Serapis állítólagos templomának híres oszlopai, melyek a Földközi tenger partján Puzzuolitól nem messzire emelkednek, szintén tisztán helyi ingadozások bizonyítékait viselik márvány-derekaikon. Mint SPALLANZANI már régóta kimutatta, ezeknek az oszlopoknak, melyeknek az alja omladékkal volt körülvéve, egykoron mintegy hetedfél méternyi a tenger vizébe kellett merülniök, mert ilyen magasságig láthatók törzseiken a fúróférgek meszes burkai és a számtalan likacsok, melyeket a fúrókagylók lyukgattak a habok által körülnyaldosott márványtestben. A Marcus Aurelius uralkodása alatt újított templom akkor bizonyosan a tenger víztükre fölött volt. Nem tudni, mikor süllyedt alá a partlejtővel együtt, a melyen áll. Talán 1198-ban, vagyis abban az esztendőben történt, melyben Puzzuoli solfatarája* kitört; a mi az oszlopsor fölmerülését illeti, valószínű, hogy az 1538-ban, a Monte-Nuovo eléállásakor történt. Ha e két esemény gyanított időpontja csakugyan az igazi, a Serapis-templomnak az alsó fele háromszáz negyven esztendőn át fürdött volna az öböl vizeiben; hanem ez az esemény egészen helyi természetű volt, mert ugyanabban az időszakban Nápolynak szomszédos partjai semmi észrevehető színti változást nem szenvedtek.

* Lásd a következő oldalon

traszt bányásztak és kötőanyagnak használtak (*Vendl*, 1953).

Révai Nagy Lexikona. Az ismeretek enciklopédiája. XVII. kötet.
Révai Testvérek Irodalmi Intézet Rt. Budapest, 1925.
Hasonmás kiadás. Babits kiadó. Budapest, 1994.

Solfatara (ol.), l. *Szolfatára*.

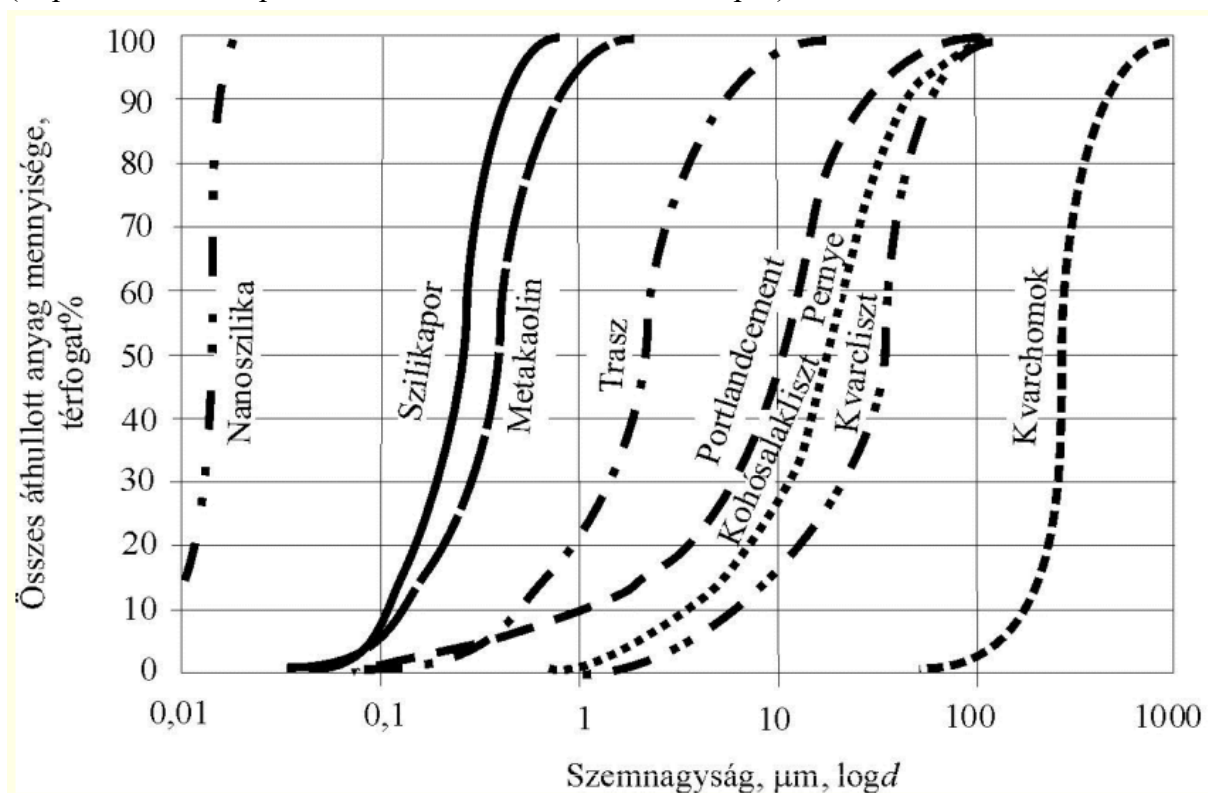
Szolfatára. A vulkános területeken a vulkáni tevékenység megszűnése után, különösen az egykori vulkáni kráterből, még hosszú időn át szállnak fel különböző gázok és gőzök, főleg kénessav, kénhidrogén, szénsavgáz és vízgőz. Ezek közül azokat, amelyekből vízgőzzel keverve nagyobb mennyiségű kénés gázok jönnek a felületre, Sz.-nak nevezik a Nápoly környékén, Pozzuoli mellett levő régi vulkáni kráter után, ellentétben a főleg vízgőzből álló fumarolával és a száraz szénsavgázból álló mofettával. Sz.-k találhatók Volcano szigetén, Izlandon, Jáván, Új-Zélandon, a Sunda-szigeteken (St. Vincent, Guadeloupe, Dominica) és Mexikóban. Erdélyben Sz. működésének tekinthetők a Hargitta déli részén, a Büdös-hegytömbben levő kénés-gáz exhalációk. A Sz. működése igen gyakran termés ként rak le, még pedig főleg a föld legfelső rétegeiben és bekérgezés alakjában a felületen. Így szemünk előtt rakódik le a kén a Volcano kráterjának szélén, valamint Erdélyben a Büdös-hegytömbben, Bálványos-füred mellett a Büdös-barlang környékén. Az utóbbi helyen száraz kénessav és kénhidrogén exhaláció van, melyek cserebomlás által kénkiválást eredményeznek: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = \text{S}_8 + 2\text{H}_2\text{O}$. Hasonló Sz. működés nyomait találjuk kénkiválással a Hargita északi részén, a Kelemen-hegységben is. Hasonló Sz. működéssel magyarázták eddig Sziciliában Girgenti és Imera vidékén a világ legnagyobb kéntelepeinek képződését is, amelyek ott gipszrétegekkel kapcsolatban a felső miocén és pliocén rétegek közé települve fordulnak elő. Az újabb vizsgálatok szerint azonban e kéntelepek képződését Sz. működéssel nem lehet megmagyarázni, hanem bonyolult kémiai folyamatok mellett a gipsz redukciójára vezetik azt vissza.

A *természetes puccolánok* (trasz, vulkáni tufák őrlménye, lávapor, szantorinföld, puccolánföld stb.) mintegy 50-70% reaktív kovásvat (SiO_2), továbbá alumínium-oxidot tartalmaznak, míg kalcium-oxid-tartalmuk kevesebb, mint 7%. A természetes puccolánok őrlménye mészhidrát ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, kalcium-hidroxid, oltott mész) és víz hatására megszilárdul. (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

A *mesterséges puccolánok* termikus folyamatok révén nyerik el a puccolános tulajdonságukat. 800 °C alatti gyenge égetés esetén ez utóbbi csak részben történik meg, így finom őrlés után a SiO_2 reaktív és meg tudja kötni a meszet. A rómaiak vízálló habarcsot és betont készítettek enyhén égetett téglaporból. (Wesche et al., 2. kötet, 1993)

Napjaink legfontosabb mesterséges puccolánja az erőművekből származó szállópor, más néven *pernye*. A szén elégetésekor a pernyét az elektrosztatikus leválasztókban leválasztják. A pernye összetétele és így reakcióképessége a szén összetételétől és az égés mértékétől függ. Mindkettő elsősorban a CaO-tartalmat és az izzítási veszteséget befolyásolja. Alapvetően meg kell különböztetni a kőszénből és a barnaszénből (lignitből) származó pernyét, amelyek közül a kőszén pernyének (savanyú pernyének) puccolános, a barnaszénpernyének (bázikus pernyének) rejtett (latens) hidraulikus tulajdonsága van. Elsősorban a savanyú pernye nagy részét például a cementgyártásban, a betoniparban kiegészítőanyagként, a bázikus pernyét az útépitésben és a földmunkákhoz stb. használják. (Wesche et al., 2. kötet, 1993), (Nemesdy, 1971)

Mesterséges puccolán a *metakaolin*, a *szilikapor* és a *nanoszilika* is, amelyek közös tulajdonsága a cementeknél, sőt a traszoknál is finomabb szemmagyság (1.5.P7. ábra), (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/143-finomszem.pdf>)



1.5.P7. ábra: A kiegészítőanyagok hozzávetőleges szemmegoszlási görbéi (DafStb, Heft 561:2008)

Lásd még: Metakaolin, Mész-modulus, Nanoszilikát, Pernye, Puccolános tulajdonság, Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság, Szilikapor

Puccolános tulajdonság

Puccolános tulajdonság a víz hatására önmagában szilárdulni nem képes, kevés (vagy zérus) reakcióképes mészhidráttal és jelentős mennyiségű reakcióképes szilícium-dioxidot tartalmazó olyan anyag tulajdonsága, amely külső forrásból származó reakcióképes mészhidráttal (például a cement szabad mészhidráttartalma) és víz jelenlétében, víz alatt is, kalcium-szilikát és esetleg más ásványok képződése közben, lassan megszilárdul. A puccolános tulajdonságú anyag mész-modulusa: $\text{CaO/SiO}_2 < 0,5$. Puccolános tulajdonsága van például a természetes trasznak és tufának, a savanyú pernyének, a szilikapornak, metakaolinnak, nanoszilikának.

A természetes és aktivált természetes puccolánok tartóssága azok összetételének, illetve tulajdonságainak függvénye, amelyre vonatkozó szempontokat *Spránitz Ferenc* betonüzemvezető főmérnök (gánti Dolomit Kőbányászati Kft.) 2025. április 12-én az MSZT/CEN felé a következőképpen fogalmazta meg:

„A természetes puccolán és természetes aktivált ¹⁶⁴ puccolán anyagok összetételének és tulajdonságainak olyannak kell lennie, hogy ezen anyagok felhasználásával tartós beton (lásd EN 206) keletkezzen. A 3.3. és 3.5. definíciónak megfelelő természetes puccolán és természetes aktivált puccolán anyagok, amelyek megfelelnek a 4.2. pont kémiai és a 4.3. pont fizikai követelményeinek, az alapvető tartóssági követelményeket kielégítőnek tekintendők.

A beton szénsav- és kloridállóságát nagymértékben meghatározzák a kötőanyag reakcióképes kémiai komponensei. Mivel a különböző puccolán anyagok eltérő fizikai-kémiai tulajdonságokat mutatnak, ezért nem csak szilárdsági tulajdonságaik (lásd az aktivitási indexet a 4.3.7.3-ban), hanem reaktív kémiai komponenseik alapján is meg kell különböztetni őket.

Bizonyos alkalmazásokban, különösen a kemény környezeti feltételek melletti betonnál, a természetes puccolán és a természetes aktivált puccolán anyagok kötőanyagának típusa és aránya befolyásolhatja a beton tartósságát, pl. klorid ellenállás és karbonizációs sebesség.

Fontos információk a természetes puccolánnal és természetes puccolánnal és természetes aktivált puccolános anyagokkal és anélkül készült kötőanyagok lehetséges tartósságával kapcsolatban:

- a legtöbb cement esetében szabály, hogy a sok reaktív CaO-val rendelkezőkben kevés a $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (például a CEM I portlandcementek), vagy fordítva;
- mivel a reaktív CaO a karbonátosodás ellen, a $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ pedig a klorid behatolás ellen hatásos, ebből következik, hogy a karbonizáció ellen a CEM I típusok a legjobbak, de alacsony reaktív $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ tartalmuk miatt védtelenek a kloridokkal szemben;
- a többkomponensű cementek (pl. puccolánokkal vagy puccolánokkal plusz GGBS-sel) sokkal nagyobb kloridállósággal rendelkeznek, de alacsony reaktív CaO tartalom esetén nem védenek a levegő CO_2 okozta karbonátosodástól;
- többszörös környezeti hatások (pl. karbonátosodás + klorid támadás) és gazdaságos betonfedés esetén bonyolultabb a jó kötőanyag kiválasztása, ezért a betontechnológusoknak és a betongyártóknak tájékoztatást kell kapniuk a természetes puccolánnal és természetes aktivált puccolán anyagokkal készült kötőanyag reaktív kémiai összetételéről.”

Lásd még: Hidraulit, Mész-modulus, Nanoszilikát, Pernye, Puccolán, Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság, Szilikapor

¹⁶⁴ Aktivált jelentése Bakos (szerk., 1973) szerint: 1. Működésbe hoz. 2. Ténylegesen szolgálatba (üzembe) helyez. 3. Kémiai reakcióképességet fokoz.

Pufferoldat

A pufferoldat jellemzője, hogy a gyenge savat (például az ecetsavat) és ugyanennek a savnak teljesen disszociált sóját (pl. nátrium-acetátot) tartalmazza. Ha ehhez az oldathoz kevés savat vagy bázist adunk, akkor a pH-ja gyakorlatilag nem változik (pufferolás). A jelenség azon alapul, hogy az oldatban levő pufferanyagok disszociációs egyensúlyuk révén a hidrogén-, illetve hidroxilionokat gyenge sav vagy bázis keletkezése közben megkötik.

Az erős (teljesen ionjaira disszociált) sósav például nátrium-acetát hozzáadásával pufferolható. A $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$ egyensúlynak megfelelően a nátrium-acetátból gyenge (alig disszociáló) ecetsav keletkezik. Savakat pufferolhatunk minden sóval, amely gyenge savból és erős bázisból keletkezett, bázisokat ezzel ellentétben gyenge bázisok erős savval képzett sóival pufferolhatunk.

A savakkal és bázisokkal szemben egyaránt hatásos pufferoldatok gyenge savak és saját sóik keverékei: például ecetsav és nátrium-acetát, bórsav és nátrium-borát, foszforsav és nátrium-foszfát, hidrogén-karbonát és szóda. Egy oldatban, amely például ecetsavat és nátrium-acetátot tartalmaz, sósav vagy nátrium-hidroxid hozzáadására az előbbi, illetve a következő reakció áll be: $\text{CH}_3\text{COOH} \pm \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$. (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

Lásd még: Saválló beton és vizsgálata

Puffertároló, kiegyenlítő tároló

Puffertárolónak a kőbányákban az előtörő és az előosztályozó közé iktatott tartaléktárolót, kiegyenlítő tárolót nevezzük, amely lehetővé teszi az osztályozók folyamatos ellátását előtört kőanyaggal, és nagy mértékben függetleníti a tulajdonképpeni kőanyagfeldolgozást az előtörő (1.5.P8. ábra) más, olykor szakaszos működési ütemétől.

A kibányászott és előtört kőanyagot általában szállítószalagon juttatják a szabadtéri puffertárolóra, ahonnan az előtört kőanyagot a puffertároló alá épített alagútban futó szállítószalaggal hordják ki (1.5.P9. – 1.5.P11. ábra).

Forrás: Vajda László: Visszatekintés kőbányász emlékekre (2010)
<http://mare.info.hu/hu/cikkek/visszatekintes-kobanyasz-emlekekre>



1.5.P8. ábra: XV. előtörőmű a szobi kőbányában, az 1960-as években. Forrás: Vajda¹⁶⁵ (2010)

¹⁶⁵ Vajda László vasdiplomás okl. építőmérnök, született Budapesten, 1923-ban, elhunyt életének 101-edik évében. Gyermekkorát szüleivel Berettyóújfaluban töltötte, Budapesten a Kölcsey Ferenc Gimnáziumban 1941-ben érettségizett. 1941-1944 között a Műegyetemen tanult, majd besorozták a Németországba vezényelt

műegyetemi tanzászlóaljba, melyet 1945. április 11-én a boroszlói (németül: breslau-i, lengyelül: wroclaw-i) úticéllal szállító vonaton a csehországi Hazlov (németül: Haslau) közelében kegyetlen mélyrepülőtámadás ért (*Palasik Mária: A műegyetemisták Odüsszeiája 1944-1946. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2006.*), amit szerencsésen átvészelt. Ezt követően Bajorországban (NSZK) folytatta egyetemi tanulmányait. Híd- és szerkezetépítő szakos építőmérnökimérnöki oklevelet 1958-ban a Budapesti Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemen (a mai Műegyetemen) szerzett.

Vajda László műszaki pályája alatt különböző beosztásokban végig a kő- és kavicsiparban dolgozott: Kőbányipari Vállalatok Munkaközössége és munkahelyei (1947-1952), műszaki osztályvezető a Dunamenti Építőköfajtó Vállalatnál (1952-1954), termelési osztályvezető az ÉM 1.sz. Kavicskitermelő Vállalatnál (1955-1957), termelési főmérnök az Építésügyi Minisztériumban (1959-1962), vezetője az Iparági Robbantó Csoportnak (1962-1963), műszaki fejlesztési és tervezési osztályvezető az ÉM Kő- és Kavicsipari Trösztnél (1964-1976), a Kőbánya Vállalatok Budapesti Képviselőtársaság vezetője (1977-1983), műszaki tanácsadó a Déldunántúli Kőbánya Vállalatnál (1983-1993), az osztrák alapítású Liezen-Hungária Gépgyár budapesti irodájának vezetője (1993-1998).

Vajda László tevékenyen részt vett a hazai kőbányaipari technológiák 1947-1998 közötti fejlesztésében; felsőfokú angol, német, francia és olasz nyelvismerete révén koordinálta a KGST társiparágakkal való kőbányászati együttműködést. Egyebek között jelentős szerepet vállalt például a kőbányászati robbantási technológiák kidolgozásában, a kőbányameddő és a bontásból kikerülő építőanyagok újra hasznosításának fejlesztésében, a kőbányameddők, bontott beton és aszfalt anyagok feldolgozására alkalmas mobil zúzó-osztályozó recycling üzemek kialakításában stb.

Tagja volt a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén 1978-1991 között *dr. Kertész Pál* vezetésével működött építési kőanyagok szabványbizottságának, amely összesen 50 különböző MSZ magyar nemzeti szabványt dolgozott ki (<http://www.betonopus.hu/notesz/msz-ko-szabvanyjegyzek/msz-ko-szabvanyjegyzek.pdf>).

1967-1989 között szerkesztője és lektora volt a „Kő- és Kavicsipari Szakmai Tájékoztató” folyóiratnak.

Jelentősebb szakirodalmi közleményei: „Bányamesterek könyve I. Geológia” (ÉVM 9. Ig., 1962), „A nagykamrás robbantás tervezése” (Építőanyag, 1964. 5. sz.), „Az oszlopos sorozatrobantás tervezése és kivitelezés irányelvei” (Szilikáttechnika, 1965), „A robbantás keltette talajrezgések építményekre gyakorolt hatásvizsgálata” (Építőanyag, 1966. 3. sz.), „Ammóniumnitrát-gázolaj keverékek alkalmazása az ipari robbantások területén” (Bányászati lapok, 1966. 9. sz.), „Mobil üzemek alkalmazása a kőbányaiparban” (Szilikáttechnika, 1968), „A zúzottkő-termelés technológiájának fejlesztése a termékminőség és a választékjavítás érdekében” (Mélyépítéstudományi Szemle, 1970), „Építőanyagok bányászata” (Tankönyvkiadó, 1970; szerzőtárs: *dr. Kertész Pál*), „Gépi berendezések összehangolása kavicsipari meddőleválasztás megoldására” (Építőanyag, 1973. 8. sz.), a fenn hivatkozott „Visszatekintés kőbányász emlékekre” (2010) című tanulmány.

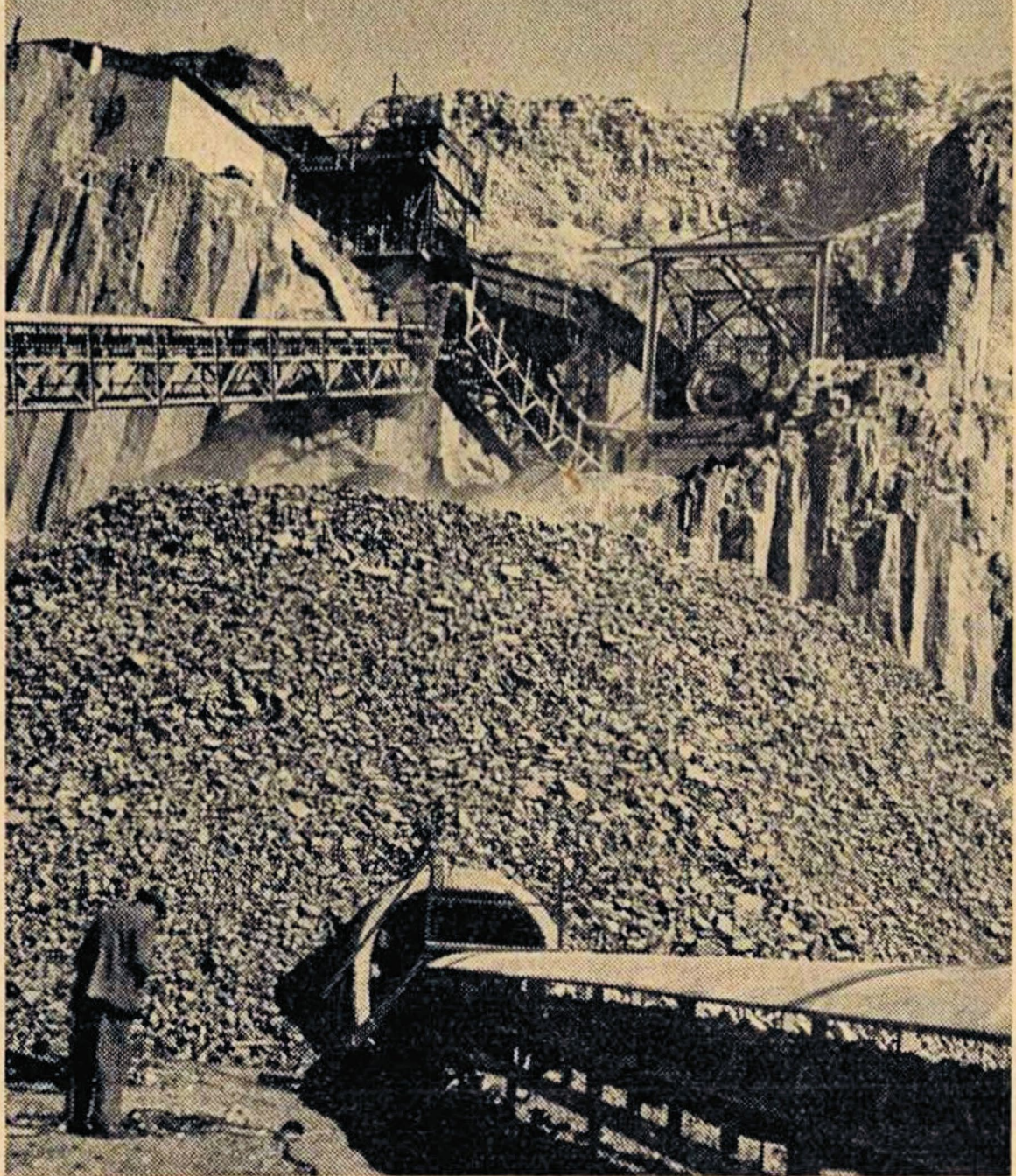
1983 után a Műegyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék felkérésére „Kőbányászat és feldolgozás” tárgyú szakmérnöki előadásokat tartott.

Vajda László munkája elismeréseként az Építőipar Kiváló Dolgozója és a munka Érdemrend bronz fokozata kitüntetésben részesült (1982). A Műegyetem Építőmérnöki Karának dékánjától az aranyoklevelet 2009-ben, a gyémántoklevelet 2022-ben, a vasoklevelet pedig 2023-ban, az utóbbit 100. születésnapján (2023. június 1-jén) vette át. 101. életévében, 2023. október 28-án hunyt el.

Munkásságát a Mérnök Újság 2023. decemberi, 12. számában méltatták.

Forrás: *Vajda László* rendelkezésünkre bocsátott önéletrajza *Kelemen Attila* okl. építőmérnök kiegészítésével.

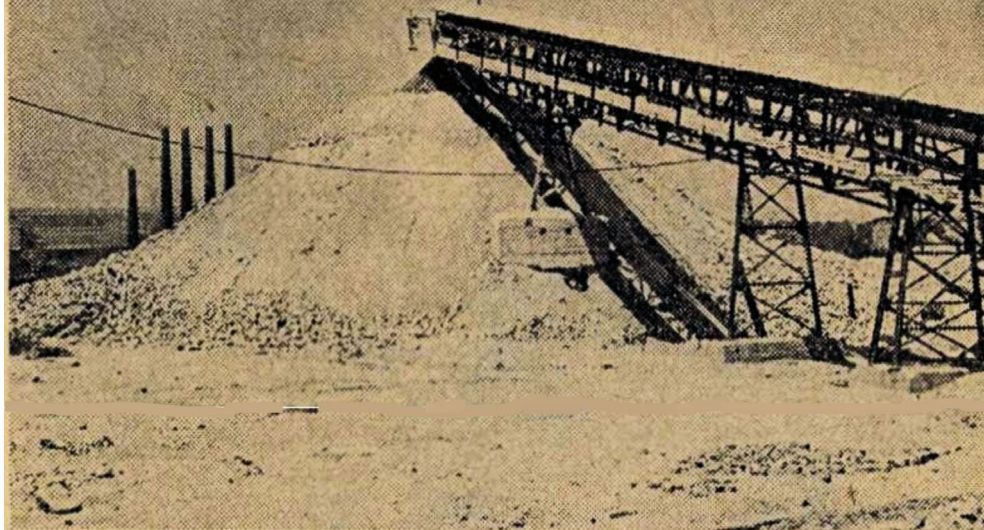
Forrás: Benedek Dénes: A kő- és kavicsbányászat 25 éves fejlődése
Kohászati és Bányászati Lapok, Bányászat.
103. évfolyam. 12. szám. 1970. december. pp. 793-810.



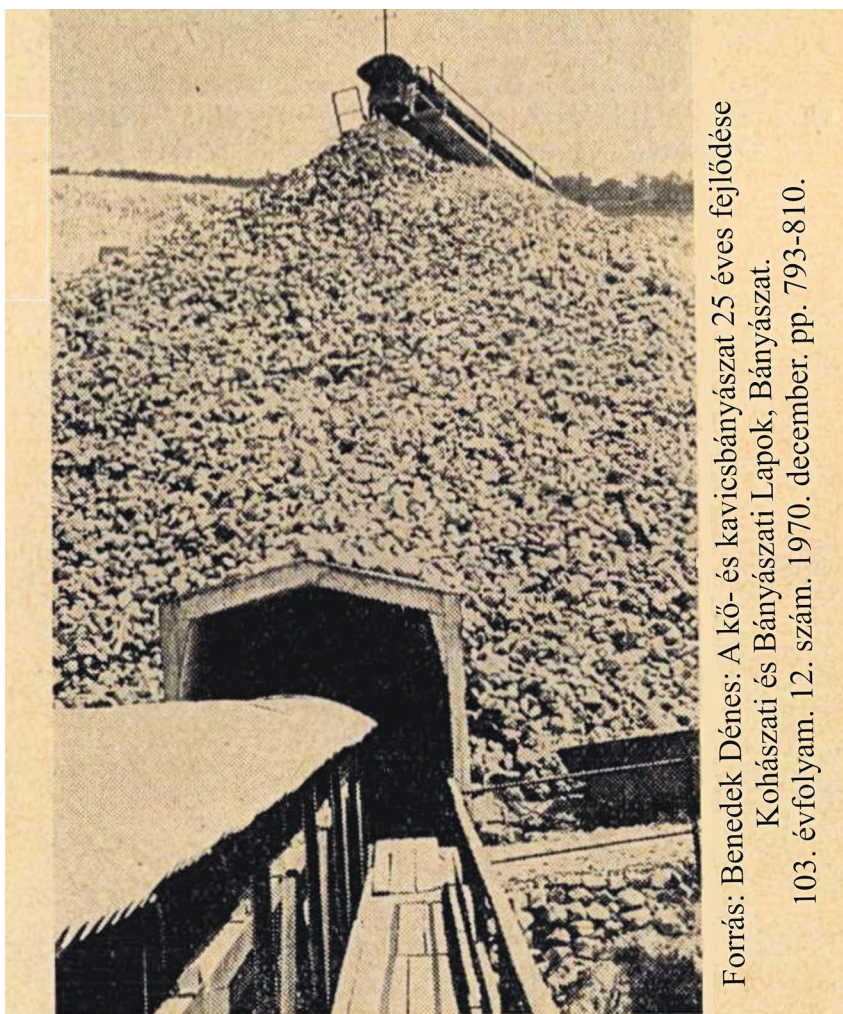
22. ábra. Előtörő osztályozó vibrátorokkal és kiegyenlítő tároló a keménykőbányászatban

1.5.P9. ábra: Előtörő és puffertároló valamely kőbányában (az oszlopos elválású bányafalból ítélve, talán az uzsai bazaltbányában) az 1960-as években. Forrás: *Benedek* (1970)

Forrás: Benedek Dénes: A kő- és kavicsbányászat 25 éves fejlődése
Kohászati és Bányászati Lapok, Bányászat.
103. évfolyam. 12. szám. 1970. december. pp. 793-810.



29. ábra. Nyílt kiegyenlítő tároló



Forrás: Benedek Dénes: A kő- és kavicsbányászat 25 éves fejlődése
Kohászati és Bányászati Lapok, Bányászat.
103. évfolyam. 12. szám. 1970. december. pp. 793-810.

30. ábra. Nyílt kiegyenlítő tároló kihordó alagútja

1.5.P10. és 1.5.P11. ábra: Puffertároló valamely kőbányában az 1960-as években.
Forrás: Benedek (1970)

A kőbányászati puffertárolók építésének bevezetése – az Építők Lapja 1950. október 23-i száma szerint – az UVATERV, Út-Vasúttervező Vállalat mérnökének, *Barabás Ferenc*¹⁶⁶ mérnöknek az érdeme.

A kőbányászati kézikönyv II. kötetében (*Ozori szerk.*, II. kötet, 1954), amely megelőzte az I. kötet megjelenését, *Erdély Imre*¹⁶⁷ ismertette a puffertárolók működését: „Bár elvileg minden

¹⁶⁶ *Barabás Ferenc* okl. gépészmérnöknek tudomásunk szerint a II. világháború, illetve az 1948. évi államosítások előtt a szobi andezit és dácit kőbányában volt érdekeltsége. Ezt követően állami alkalmazásban kőbányaipari tervezéssel foglalkozott.

A felszabadulás után az Állami Mélyépítéstudományi Tervező Intézet (ÁMTI) létrehozásával valamennyi kőbányászati tervezést ennek az intézménynek a hatáskörébe utaltak. Ekkor — 1948-ban — Barabás Ferenc irányításával létesült az a tervező csoport, mely többszöri átszervezés után az Út- és Vasúttervező Vállalaton (UVATERV), az Építőanyagipari Tervező Intézetben (EATI), és az Ipari és Mezőgazdasági Tervező Vállalaton (IPARTEV) keresztül végül is 1966. október 1. óta a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetben (SZIKKTI) kapott helyet.

Az „újságkivágás” forrása: *Benedek Dénes*: A kő- és kavicsbányászat 25 éves fejlődése. Kohászati és Bányászati Lapok, Bányászat. 103. évfolyam. 12. szám. 1970. december. pp. 793-810.

Barabás Ferenc 1962-1966 között a SZIKKTI elődjét képező ÉaKKI (Építőanyagipari Központi Kutató Intézet) Betonosztályán (Budapest, X., Bihari u. 6.) dolgozott – akárcsak a „rég” kőbányász mérnökök közül *Lázár Jenő* okl. villamosmérnök 1962-1964 között és *Erdély Imre* okl. gépészmérnök már a SZIKKTI-ben 1970-1973 között. *Árpási Imre* (Szob, 2018) „A szobi kisvasút és a transzbörzsönyi kisvasúti hálózat kialakulása” című tanulmányának (<https://docplayer.hu/136195300-A-szobi-kisvasut-es-a-transzbörzsönyi-kisvasuti-halozat-kialakulasa.html>) lábjegyzetében pontosabb megjelölés nélkül hivatkozik *Barabás Ferenc* „Régi és új kőbányaüzemek” című, 1953-ban megjelent dolgozatára.

Barabás Ferenc „Új kőbányaüzemek telepítésének irányelvei” című dolgozata „A kőbányászati kézikönyv” I. kötetének fejezete (*Ozori szerk.*, I. kötet, 1955), amelyben a bányatelepítés általános szempontjait, az előzetes vizsgálatokat, a részletes geológiai kutatást, a fedőréteg szerepét és a kőbányák telepítésének fő elveit ismerteti. Ennek sorai között *Barabás Ferenc* figyelmeztet, a bazaltnál előfordul, hogy az egyes kitorések anyaga napégésre (Sonnenbrenner) hajlamos. Napégésen a bazaltoknak azt a betegségét értjük, mikor a sziklában épnek látszó kő a szabad levegőre jutva hosszabb-rövidebb idő múlva a levegő, de főleg a napsugár hatására összeropadozik, majd apró golyószerű szemcsékre hull szét. Ilyen települést ajánlatos elkerülni, mielőtt súlyos anyagi veszteségek árán kell az üzemet felhagyni.

¹⁶⁷ *Erdély Imre* okl. gépészmérnök 1893-ban született. Pályafutását 1926-1927-ben a zalahalápi bazalt kőbányában kezdte, 1931-től az utépítés területén dolgozott. A II. világháború után a Mérnökök és Technikusok Szakszervezete kecskeméti részlegének lett a vezetője. 1950-től a Kőbányaipari Nemzeti Vállalat beruházási osztályvezetőjeként, később a Kő- és Kavicsipari Beruházási Vállalat műszaki igazgatójaként, majd az Építőköfőjtő Vállalat főmérnökéeként tevékenykedett. 1957-ben nyugdíjba ment. 1970-1973 között a SZIKKTI (Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet) Betonosztályán kavicsbányászati fejlesztések kialakításán dolgozott.

Erdély Imre 1949-ben lett az SZTE Szilikátipari Tudományos Egyesület tagja és tagja volt az SZTE Építőanyag című folyóirata szerkesztőbizottságának. Tevékenységét számos kitüntetéssel ismerték el. (Építőanyag. XXX. évfolyam. 1978. 8. szám. pp. 297.)

két üzemrész között elhelyezett tárolót kiegyenlítőnek. (puffer) használnak, mégis a kőbányaiparban a kiegyenlítő tároló elnevezés az előtörő és az osztályozó között elhelyezett, nagyméretű egyszer tört anyag tárolóhoz tapadt. Az egyszer törtanyagot az előtörőtől kötélpálya vagy szállítoszalag viszi a tárolóhely fölé és ott 20-25 méter magasból – egy vagy több döntési ponton – leszórja. A leszórt anyag a vízszinteshez természetes rézsűszögével hajló alkotóval leírt kúpban helyezkedik el. Az így létesült szabadtéri tároló anyagának felszedése és továbbítása az osztályozóhoz a kúp alatt épített alagútban mozgó szállítoszalaggal történik. A tárolt anyag az alagút mennyezetén hagyott nyílásokon át, surrantóktól szabályozott mennyiségben ömlik a szállítoszalagra.” (1.5.P12. – 1.5.P14. ábra)



1.5.P12. ábra: Nógrádkövesdi puffertároló (kiegyenlítő tároló), (Erdély in Ozorai szerk., II. kötet, 1954)

Forrás: Erdély Imre:

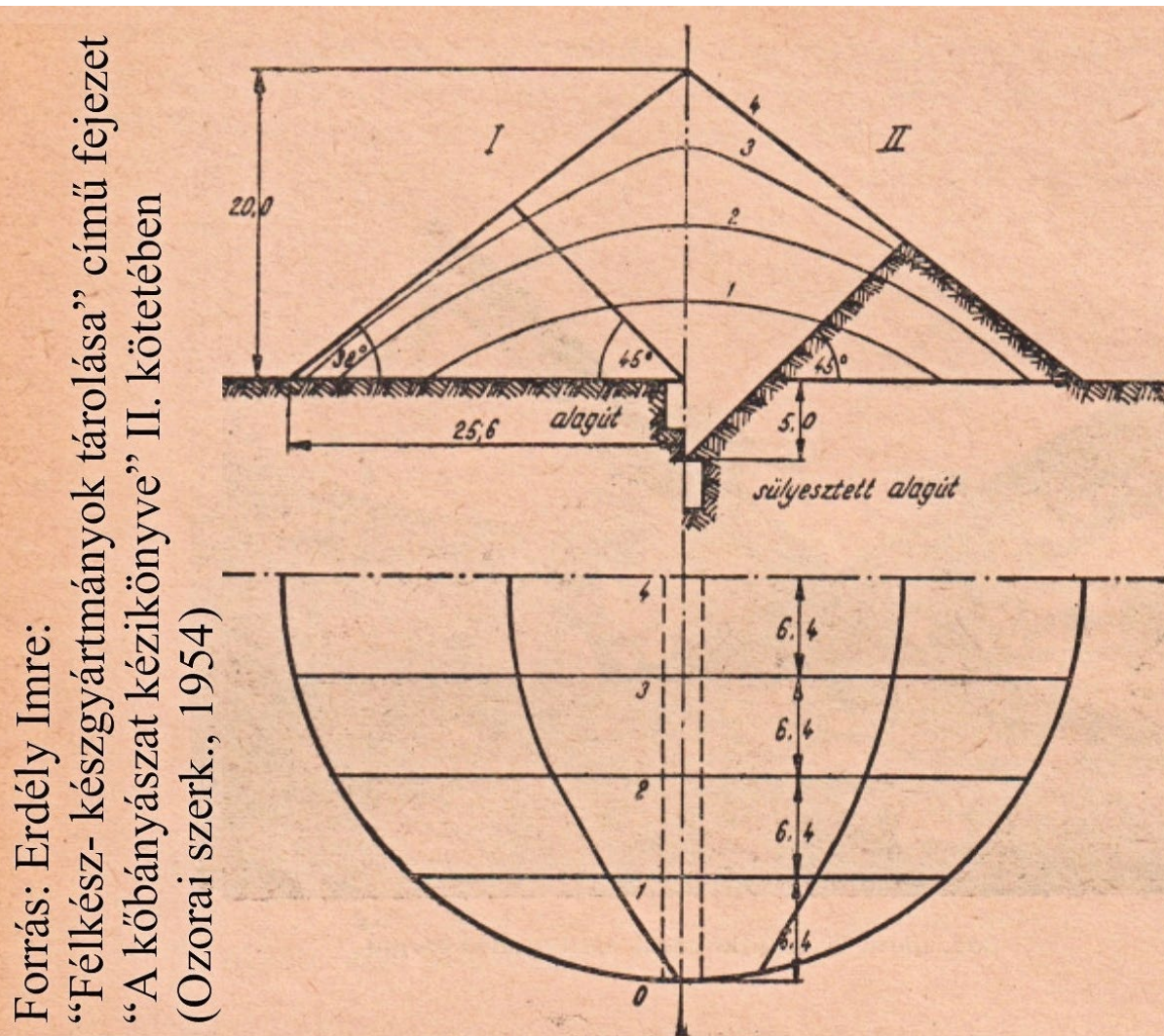
“Félkész- készgyártmányok tárolása” című fejezet

“A kőbányászat kézikönyve” II. kötetében

(Ozorai szerk., 1954)



1.5.P13. ábra: Uzsabányi puffertároló (kiegyenlítő tároló) függőpálya leadóállomással és a zúzottkőszikló szállítoszalagokkal (Erdély in Ozorai szerk., II. kötet, 1954)



Forrás: Erdély Imre:

“Félkész- készgyártmányok tárolása” című fejezet

“A kőbányászat kézikönyve” II. kötetében

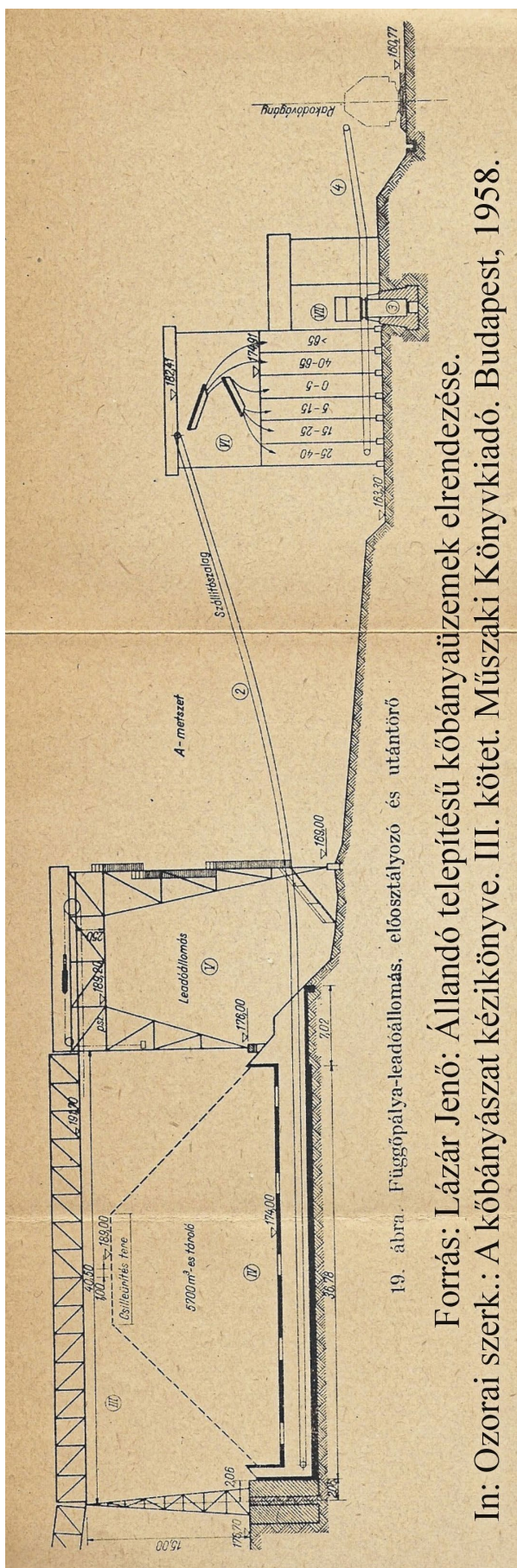
(Ozorai szerk., 1954)

1.5.P14. ábra: A puffertároló (kiegyenlítő tároló) metszetei térfogatszámításhoz (*Erdély in Ozorai szerk., II. kötet, 1954*)

A puffertárolóval rendelkező állandó telepítésű kőbányaüzemek elrendezését *Lázár Jenő*¹⁶⁸ „A Kőbányászat Kézikönyve” III. kötetében (*Ozorai szerk., III. kötet, 1957*) mutatta be (*1.5.P13. ábra*).

¹⁶⁸ *Lázár Jenő* (1903, Pozsony – 1964, Budapest) okl. villamosmérnök, óorkutató, régész. A bécsi műegyetem elvégzése után apja nyomdokain haladva a *Lázár*-család tulajdonában lévő Sághegyi Bazaltbánya Rt. mérnöke, majd főmérnöke, később igazgatója lett. A Ság-hegyi kőbánya 1948. évi államosítása után *Lázár Jenő* Budapestre költözött és előbb a Kőbányaipari Nemzeti Vállalat, később az UVATERV Út-, Vasútervező Vállalat (jogelődje: 1948-1950 között ÁMTI Állami Mélyépítési Tervező Intézet) létesítményi mérnökeinek vezetője lett. Az 1950-es évek második felében az IPARTERV-ben (Ipari Épülettervező Vállalat, annak idején: Ipari és Mezőgazdasági Tervező Vállalat) dolgozott, ahol kőbányászati tervezéssel és kutatással foglalkozott. Főbb kutatási területe a törőgépek működtetésének a zúzottkő halmazok szemmegoszlására (szemszerkezetére) és szemalakjára gyakorolt hatása volt. Ilyen tárgyú tanulmánya 1950-ben és 1964-ben az Építőanyag című folyóiratban (*Lázár, 1950, 1964*), 1954-ben „A kőbányászat kézikönyve” II. kötetében, német nyelven 1957-ben és 1960-ban az MTA Acta Technica folyóiratban jelent meg. *Lázár Jenő* a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1961-ben az „Aprított halmazok szemmagyság szerinti megoszlásának törvényszerűségei” című értekezésével nyerte el. Élete utolsó éveiben, 1962-1964 között az ÉaKKI Betonosztályának tud. főmunkatársaként végzett törőgépekkel kísérleteket (Az Építésügyi Minisztérium kutatóintézeteinek pót-katalógusa. ÉTK, Budapest, 1966), amelyek eredményeiről 1964-ben az Építőanyag című folyóiratban számolt be (*Lázár, 1964*).

A II. világháború előtt a Ság-hegyi kőbánya művelése során tudatos régészeti kutatómunkával, a bányamunkások bőkezű támogatásával többezer leletanyagot mentett meg az egyetemes kultúra számára. A neolitikum, a réz és bronzkor, továbbá a vaskor kutatása során nemcsak az ipar, hanem az állattenyésztés, a mezőgazdaság köréből származó leletanyagot is rendszerezte és bel- és külföldi publikációiban számos történelmi-társadalmi vonatkozásra világított rá. Az előkerült és feldolgozott tárgyak 2500 éven át létező Ság-hegy környéki fejlett kultúráról adtak hiteles képet a *Lázár Jenő* által létrehozott nyilvános múzeumban, amely 1948-ban a Nemzeti Múzeumba került, ebből származik a Ság-hegyi múzeum anyagának egy része is. *Lázár Jenő* gyűjteményének kisebb, nem hazai eredetű anyagot tartalmazó része halála után a Szépművészeti Múzeum antik részlegét gazdagította. (http://cellbibl-digit.cellkabel.hu/kemenesaljai_eletrajzi_lexikon.pdf, pp. 117-119.), (Nemzeti Újság. 1940. február 17. p. 5.)



Forrás: Lázár Jenő: Állandó telepítésű kőbányaüzemek elrendezése.
In: Ozorai szerk.: A kőbányászat kézikönyve. III. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1958.

1.5.P15. ábra: Függőpálya leadóállomás, puffertároló, előosztályozó és utántörő technológiai sor elrendezése egy 250 tonna/óra teljesítőképességű kőbányauzemben (Lázár, 1958)

A lerobbantott, majd előtört – de még osztályozatlan – kőanyag függőpályán (III) kerül a puffertárolóra (IV). A függőpályán a puffertároló fölé beérkező teknők tartalmát – mielőtt a teknők még a leadóállomásra (V) befutnának – a függősínen megfelelő helyre beállítható kikapcsolószerkezet önműködően a puffertárolóra (IV) borítja. A puffertároló alatti alagútból kiinduló szállítószalaggal (2) az előtört kőanyagot a vibrátorrostákkal felszerelt előosztályozóba (VI) emelik.

Az 1.5.P15. ábra szerinti esetben az előosztályozást egy kétsíkú és egy – ez alatt elhelyezett – háromsíkú vibrátorrostával oldották meg. Az előosztályozott „egyszer tört” kőanyag szemnagyságok szerinti silórekeszekbe kerül.

Ha beton- vagy aszfalt-adalékanyag szállítandó, akkor a 0-15 mm szemnagyságú kőanyagot még tovább kell osztályozni.

A 65 mm-nél nagyobb „túlfolyó” kőanyagot további aprításra az utántörőbe (VII) viszik. Az utántörőből kikerülő „kétszer tört” kőanyagot szállítószalaggal emelik az utánosztályozóba.

A vasúti kocsikat a silórekeszek alatt elhaladó szállítoszalag segítségével rakják meg úgy, hogy – megfelelő surrantókkal – mindig az a kőfajta kerül a szalagra, amellyel a vasúti kocsit meg kívánják tölteni. (Lázár, 1958)

Quadrangularis

A quadruplex latin eredetű szó, jelentése: négyszögű.

Quadrangulum

A quadruplex latin eredetű szó, jelentése: négyszög.

Quadruplex

A quadruplex latin eredetű szó, jelentése: négyszeres.

Quadruplum

A quadruplum latin eredetű szó, jelentése: valaminek a négyszerese.

Quantum, kvantum

A quantum latin eredetű szó, jelentése: mennyiség; a fizikában: anyagi részecske, illetve a hozzá tartozó energiamennyiség.

Quarter

Az angol quarter szónak több jelentése van:

- angol gabona- és űrmérték: 290,78 liter,
- gabona- és űrmérték az USA-ban: 281,20 liter,
- angol tömegegység: 12,71 kg,
- angol hosszmérték, $\frac{1}{4}$ yard posztó (1 yard = 0,9144 m).

Quotiens, kvóciens

A quotiens latin eredetű szó, jelentése a matematikában: hányados.

QR-kód

A QR-kód (Quick Response-kód = „gyors válasz” kód) egy kétdimenziós vonalkód (tulajdonképpen pontkód), amit a japán Denso Wave cég fejlesztett ki 1994-ben. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/QR-kód>)

Radián

A radián az ívmérték mérőszáma. Egy radián (egységnyi ívmérték) az a szög, amelyhez tartozó körív hossza a sugárral egyenlő. E szög fokokban: $1 \text{ radián } 180/\pi = 57^\circ 17' 44,6'' \sim 57,296^\circ$. A fokokban megadott szög (α°) ívmértékét (*radián*) a $\text{radián} = (\pi/180^\circ) \times \alpha^\circ$ képlettel számíthatjuk ki. Például: $180^\circ = \pi \text{ radián}$, $90^\circ = \pi/2 \text{ radián}$, $60^\circ = \pi/3 \text{ radián}$. (Farkas M. szerk., 1979)

Radioaktivitás

A radioaktivitás fizikai-kémiai folyamat, amelynek során az atommag sugárzással vagy részecske kibocsátással átalakul. (Meiswinkel et al., 2011), (Lohaus et al., 2011) (Grübl, 2001)

A visszavont MSZ 62:1978 szabvány szerint a radioaktivitás bizonyos nuklidoknak (a nuklid olyan atommag, amelyet bizonyos számú proton és neutron jellemez) az a sajátsága, hogy meghatározott felezési idővel, részecskéket, illetve gamma sugárzást, pályaelektron befogást követően röntgen sugárzást bocsátanak ki, vagy spontán meghasadást mutatnak.

Radioaktivitás egysége a becquerel (jele: Bq) olyan radioaktív sugárforrás aktivitása, amelyben 1 s alatt egy bomlás következik be.

Régi egysége: curie (jele: Ci) bármely radioaktív anyagnak azt a mennyiségét jelenti, amelyben másodpercenként $3,7 \times 10^{10}$ radioaktív bomlás megy végbe függetlenül a kibocsátott sugárzás

fajtájától.

Az építőanyagok, általában a porított anyagok (talajok, kőzetek, salakok, pernyék stb.) természetes radioaktivitását az MSZ 19397:1980 szabvány szerint kell megmérni.

Lásd még: Alfa-sugárzás, Béta-sugárzás, Gamma-sugárzás, Hidrátbeton, Ionizáló sugárzás, Nehézbeton, Neutronsugárzás, Radon, Rádium, Röntgensugárzás, Sugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Tufa

Radioaktív sugárzás

Lásd: Radioaktivitás, Sugárzás

Radionuklid

Lásd: Sugárzás, Sugárvédelem

Radon

A radon színtelen és szagtalan radioaktív nemesgáz, amelynek csak izotópjai ismeretesek. A radon izotópjai az urán, illetve rádium, a tórium és az aktínium bomlásakor, közbeneső termékként keletkeznek. Nyomokban minden radioaktív elemben előfordul, Mivel a radon gáz önként elillan és szétterjed, ezért a radonképző elemek környezete is önmagától radioaktív lesz; a radon izotópjai egy-egy alfa-részecske kisugárzásával szilárd polónium-izotópokká alakulnak, és ezek a rádium környezetében lecsapódnak. Az elemi radont kizárólag terápiai célra használják. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

A radioaktív radon nemesgáz a rádium radioaktív bomlása során keletkezik, és rövid időn belül mástermékekké bomlik. A radon és bomlástermékei elsősorban alfa-sugárzás formájában bocsátanak ki energiát. Ennek csak néhány centiméteres hatótávolsága van a levegőben, és nem képes áthatolni a ruházaton vagy a bőrön, egészségügyi hatásai azonban mégis lehetnek, ha a kisugárzó részecskéket belélegezzük és a tüdőben megtelepednek. (VÖZ– ÖBV, 1988)

Radon gáz minden rádiumot tartalmazó anyagban képződik, így például a talajban és az építőanyagokban is. Az altalajból és az építőanyagból ezek pórusszerkezetétől függő mennyiség bejuthat a lakótérbe, amelynek felhalmozódása ellen egyszerű és hatékony intézkedés a megfelelő (óránkénti legalább 0,5-0,7 légcserearány) szellőztetés. Ausztriában az 1985. évi kutatás szerint a radonból és bomlástermékeiből származó sugárzás a lakásokban átlagosan 1,0 mSv/év (1 Sievert = 1 Sv = 1 J/kg), vagyis nagyságrendben azonos a gamma-sugárzással. (VÖZ– ÖBV, 1988)

2013 decemberében az Európai Unió új 2013/59/Euratom irányelvet adott ki, amelyben előírták, hogy a tagállamoknak referenciaértéket kell megállapítaniuk a radon-aktivitás koncentrációjára a zárt munkahelyeken (54. cikk) és a lakható helyiségekben (74. cikk). (<https://de.wikipedia.org/wiki/Radonbelastung>)

A radon-aktivitás a magátalakulások száma a radioaktív nuklidban az időtartammal osztva. Mértékegysége: Bq (becquerel). (Visszavont MSZ 62-1:1989)

A radon-aktivitás-koncentráció vagy rövidebben a radon-koncentráció a radioaktív nuklidot tartalmazó, egységnyi térfogatú vagy tömegű anyag aktivitása, azaz fajlagos radon-aktivitása, amely a radon-lebomlások számát írja le az időtartam alatt térfogatonként vagy tömegenként. Mértékegysége például: Bq/m³ vagy Bq/kg. (Visszavont MSZ 62-1:1989). A radon-aktivitás-koncentráció kifejezés, ha másképp nem jelölik, akkor általában kizárólag az Rn-222 izotópra vonatkozik. (<https://www.radonshop.com/lexikon/>)

A radon-aktivitás-koncentráció a szabadlevegőn mintegy 15 Bq/m³, a szobalevegőn 60 Bq/m³, az ivóvízben 6000 Bq/m³ és a talajban 1,0 m mélyen 5000 – 500000 Bq/m³. (<https://de.wikipedia.org/wiki/Radonbelastung>)

Ausztriában az építőanyagok radon-aktivitásával az ÖNORM S 5200:2009 szabványban

foglalkoznak.

A legalacsonyabb radonértékek azokban az épületekben találhatók, amelyeknek pincéje és a teljes alapterületet beborító betonfödémje van. A legmagasabb radon-koncentrációk azokban a helyiségekben mérhetők, ahol fapadló volt közvetlenül a talajra fektetve. Azokban az épületekben, amelyekben az eredetileg beépített fapadlót eltávolították és betonlemezre cserélték, lényegesen alacsonyabb a radon-koncentráció, mint azokban az épületekben, ahol még fapadló van. Ezekből az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a beltéri helyiségek radon-terhelésének elsődleges oka a talajból kilépő radongáz. Németországban a talaj radon-kibocsátási sebessége $0,01 - 0,03 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{s}$, $1,5 \text{ m}$ légzési magasságban $3 - 31 \text{ Bq/m}^3$ radon-aktivitás-koncentrációt mértek. Ehhez képest például a radon-kibocsátás a felhasznált építőanyagokból – mint alább olvasható – másodlagos jelentőségű. (Brandt et al., 1993), (<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/vorkommen/freiluft.html>)

A beton felületi radon-kibocsátási-sebességét más szóval a felületi radon-kibocsátási-fluxusát (mértékegysége: $\text{Bq/m}^2 \cdot \text{h}$) az összetételen és a tömörségen kívül a beton víztartalma is jelentősen befolyásolja.

A felületi radon-kibocsátási-sebesség, illetve felületi radon-kibocsátási-fluxus (németül: Radon-Exhalationsrate, Radon-Flussdichte) az egységnyi keresztmetszeten az időegység alatt áthaladó (diffundáló) radon-atomok száma. Mértékegysége: $\text{Bq/m}^2 \cdot \text{h}$.

A megszilárdult betonnak körülbelül 5 tömegszázalékos elméleti nedvesség-tartalom (ez mintegy 12 térfogatszázaléknak felel meg) esetén a legnagyobb radon-kibocsátási sebessége. Ennél kisebb és nagyobb nedvesség-tartalom mellett a radon kibocsátási sebessége kisebb. Ezt a viselkedést az magyarázza, hogy a radont a beton pórusfalai kisebb nedvesség-tartalom mellett elnyelik, nagyobb nedvesség-tartalom esetén pedig a diffúziót akadályozzák. A betonfalak és -födémek 5 térfogatszázalékos, illetve az ennek megfelelő 2,1 tömegszázalékos nedvesség-tartalmához $1,1 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{h}$ radon-kibocsátási sebesség tartozik, amely a talajból való átlagos $115 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{h}$ radon-kibocsátási sebességhez képest elenyésző. A tartósan fűtött helyiségekkel rendelkező lakóépületekben azonban a falak és födémek helyiség felőli betonrétegének nedvesség-tartalma 5 térfogatszázaléknál sokkal kisebb, így az átlagos radon-kibocsátási sebesség a kavicsbeton esetén $0,7 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{h}$, az agyagkavics-beton esetén $0,4 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{h}$, a habbeton esetén $1,5 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{h}$, a gázbeton (pórusbeton) esetén $1,1 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{h}$. (Brandt et al., 1993)

Például, ha valamely 50 m^3 légtérfogatú szoba kavicsbeton mennyezetének és padlójának felülete 40 m^2 és a habbeton falak nyílászárók nélküli felülete 31 m^2 , akkor a szobában a betonanyagokból eredő fajlagos radon-aktivitás:

$$40 \times 0,7 + 31 \times 1,5 = 74,5 \approx 75 \text{ Bq/h}, \text{ amely } \frac{75 \text{ Bq/h}}{50 \text{ m}^3} = 1,5 \text{ Bq/m}^3 \cdot \text{h}$$

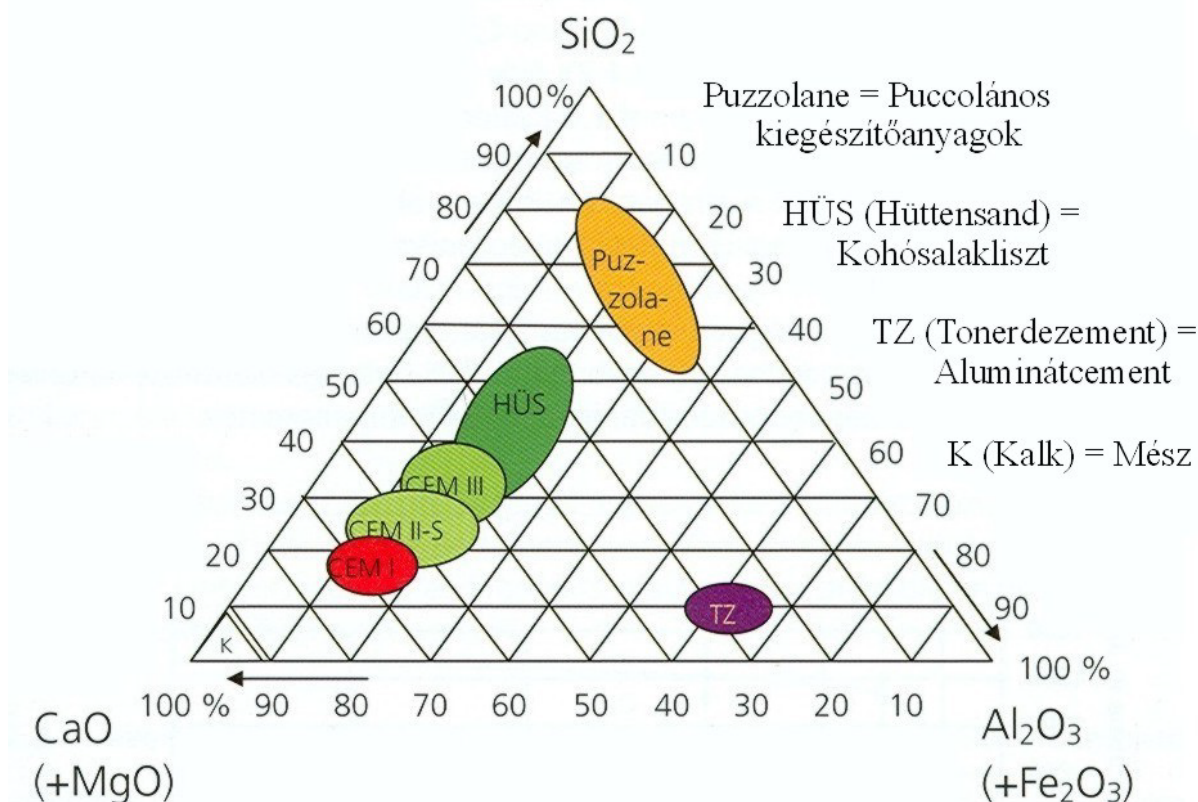
térbeli radon-kibocsátási-sebességnek felel meg.

Ha a beltéri levegő radon-aktivitás-koncentrációja például 50 Bq/m^3 és a külső levegő radon-aktivitás-koncentrációja például 14 Bq/m^3 , akkor a helyiségben a betonanyagok által okozott radon-aktivitásnövekedés eloszlásához szükséges levegőcsere: $1,5/(50 - 14) = 0,04/\text{h}$. Ez az érték sokkal kisebb, mint a lakóterekben higiéniai okokból szükséges legalább $0,8/\text{h}$ levegőcsere, amely utóbbival élve a betonanyagokból származó radon-aktivitás-koncentráció $1,5/0,8 = 1,9 \text{ Bq/m}^3$ értékre csökken. Ha a lakótérben a higiéniai levegőcsere után a radon-aktivitás-koncentráció 50 Bq/m^3 , és a levegőcsere folytán a külső levegővel $0,8 \times 14 = 11,2 \text{ Bq/m}^3$ radon-aktivitás-koncentráció jutott a helyiségbe, akkor az $50,0 - 1,9 - 11,2 = 36,9 \text{ Bq/m}^3$ különbség a talajból eredő radon-aktivitás-koncentráció értéke, és a talaj térbeli radon-kibocsátási sebessége: $0,8 \times 36,9 = 29,5 \text{ Bq/m}^3 \cdot \text{h}$. (Brandt et al., 1993)

Lásd még: Diffúzió, Gamma-sugárzás, Rádium, Sugárzás

Rankin-diagram

A Rankin-diagrammal ¹⁶⁹ (Rankin, 1915) például a háromösszetevős cementklinkerek és kiegészítőanyagok összetevőinek (alkotóanyagainak) tömegarányát lehet kiválóan szemléltetni.



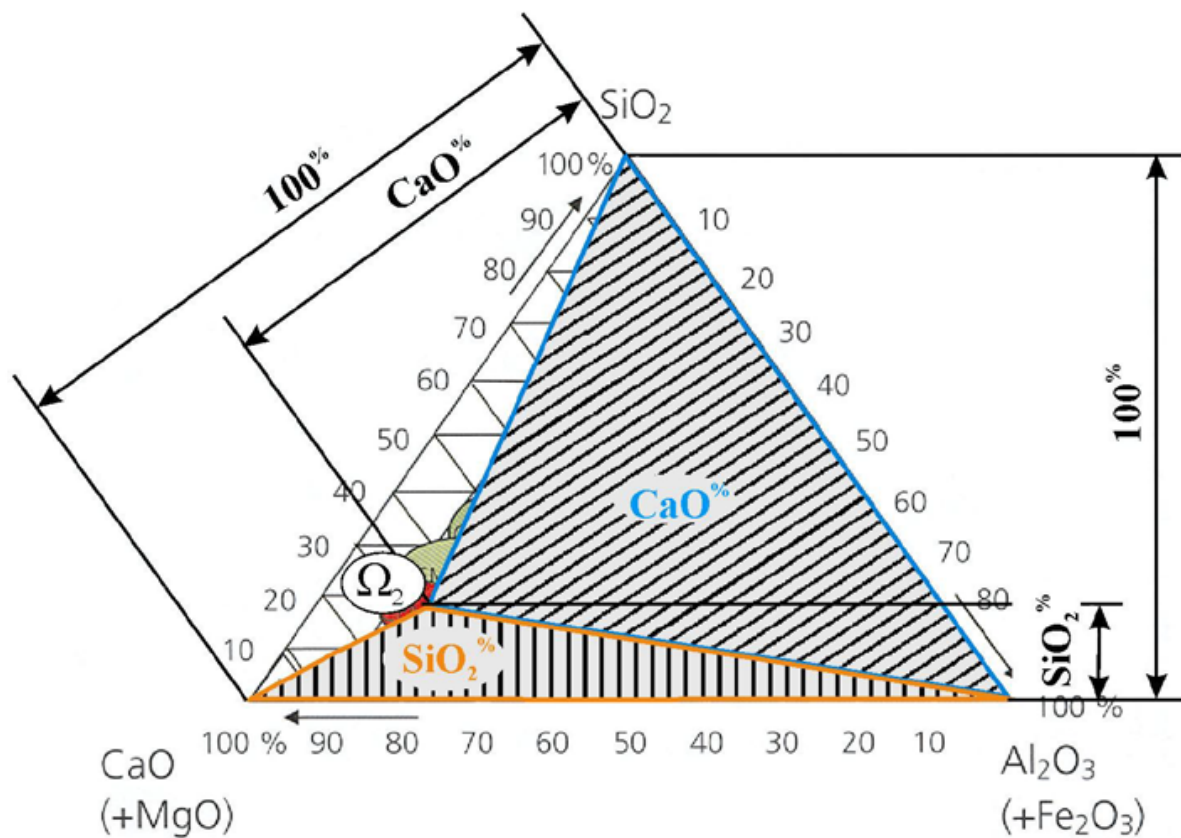
1.5.R1. ábra: Rankin-diagram a legfontosabb cementek és aktív, II. típusú kiegészítőanyagok mezejének feltüntetésével (Röhling et al.: Betonbau I., 2012), (Krenkler, 1980)

A cementek klinker-tartalmának növekedésével növekszik a kalcium-oxid (CaO)-tartalom és csökken a szilícium-dioxid (SiO_2)-tartalom, illetve növekszik a mész-modulus ($\text{MM} = \text{CaO}/\text{SiO}_2$). A klinker-tartalom és a mészmodulus növekedése a cementek szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$)-tartalmának növekedésével jár.

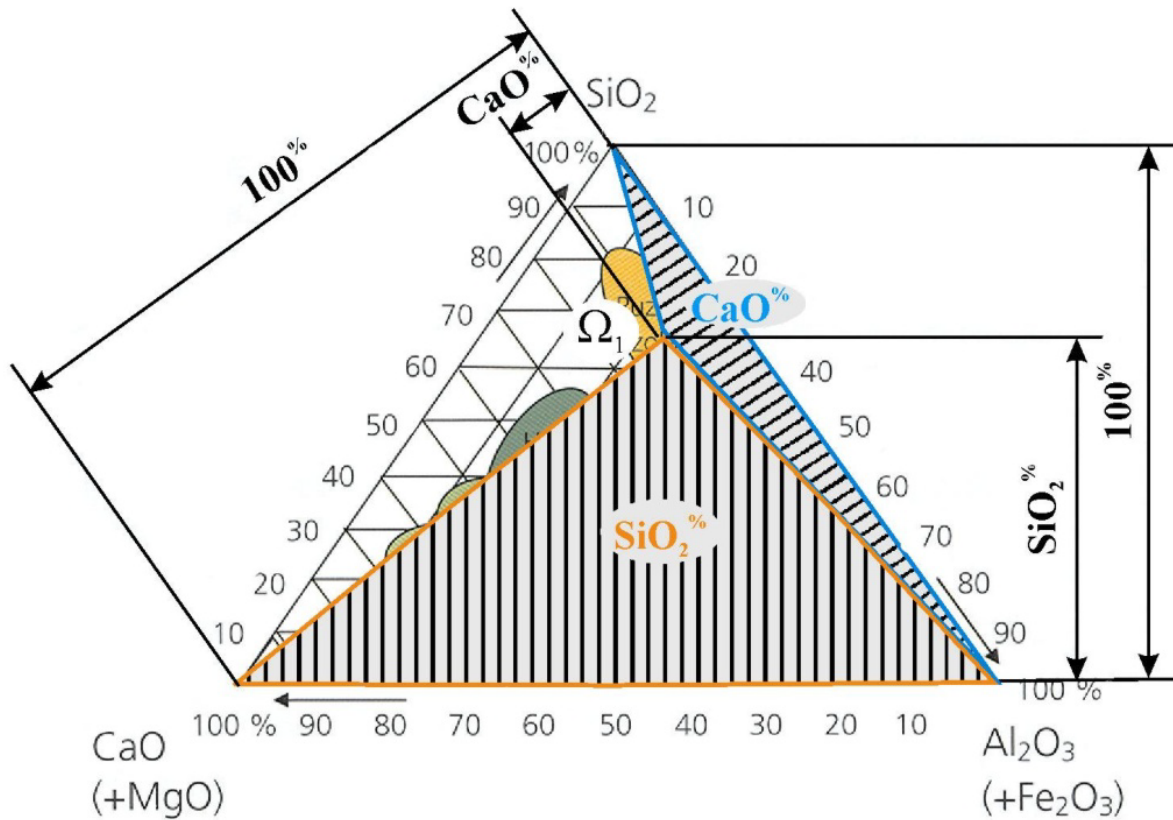
¹⁶⁹ George Atwater Rankin (1884. október 1., Yardley, Bucks County, Pennsylvania – 1963. március 21., Yardley, Bucks County, Pennsylvania) fizikokémikus, az Egyesült Államok hadseregének őrnagya (<https://www.findagrave.com/memorial/49353359/george-atwater-rankin>).

Rankin a washingtoni Carnegie Intézet Geofizikai Laboratóriumában (Geophysical Laboratory of the Carnegie Institution in Washington, https://en.wikipedia.org/wiki/Carnegie_Institution_for_Science) dolgozott (<https://www.mindat.org/min-3363.html>), ahol munkatársaival közel tíz éven keresztül foglalkozott a háromösszetevős mész – szilícium-dioxid – alumínium-oxid rendszerek kutatásával és leírásával, körülbelül 7000 mikroszkópos megfigyelés alapján (<https://www.annales.org/archives/x/lechat1.html>).

Az észak-írországi, Antrim megyében, Larne város környezetében (Egyesült Királyság) lévő Scawt Hill vulkán tanulmányozása során felfedezett trikálcium-diszilikátot ($\text{Ca}_3\cdot\text{Si}_2\cdot\text{O}_7$), amelyet többet magával George Atwater Rankin írt le először, Rankin tiszteletére rankinitnek nevezték el (Tilley, 2018)



1.5.R2. ábra: Nagy szabad kalcium-hidroxid-tartalmú a betonok Rankin-diagramja



1.5.R3. ábra: Kis szabad kalcium-hidroxid-tartalmú a betonok Rankin-diagramja

A nagy szabad kalcium-hidroxid-tartalom (1.5.R2. ábra) a betonok – beleértve a szulfátálló betonokat is – savállóságát rontja, amely helyzetben a portlandcementek nagy szabad kalcium-hidroxid-tartalma egy részének megkötésével, például „A” típusú metakaolin (1 g metakaolin legalább 0,7 g kalcium-hidroxidot köt meg) vagy szilikapor betonba keverésével javíthatunk (1.5.R3. ábra).

Javasolt adagolás a cement-tartalomra vonatkoztatva:

CEM I-SR fajtajú szulfátálló portlandcement alkalmazása során:

- metakaolin („A” típusú) esetén mintegy 15 tömeg%,
- szilikapor esetén mintegy 10 tömeg%,

CEM II/A-MSR fajtajú mérsékelt szulfátálló portlandcement alkalmazása során:

- metakaolin („A” típusú) esetén mintegy 10 tömeg%,
- szilikapor esetén mintegy 8 tömeg%.

A cementek és a hidraulitok összetételét *Palotás László* professzor a „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyve 2. kötetének 505. oldalán a háromalkotós (turner) *Rankin*-diagramban tüntette fel (*Palotás*, 1979. 2. kötet).

Lásd még: *Gibbs*-háromszög, Háromszög-ábra, Portlandit

Rácsenergia

Lásd: Oldástenzio

Rádium

A rádium fémes radioaktív elem, amelynek számos izotópja ismeretes. A rádium lassú rádiumaktív bomlással az uránból keletkezik, és maga is többszörös további radioaktív bomlással végülis stabilis ólommal alakul. Legszembetűnőbb tulajdonsága a radioaktivitás, amely jelenség a rádiumatomokhoz kötött, tehát az azonos mennyiségű rádiumatomok a különböző rádium-vegyületekben gyakorlatilag azonos módon sugároznak. A rádium az egyik legritkább elem. Csekély nyomokban az urán-ásványokban mindig megtalálható. A szilárd földkéreg vulkánikus kőzetei (gránit, porfir, bazalt, láva stb.) 1000 ezer tonnánként általában 2-3 mg rádiumot tartalmaznak. A vulkánikus kőzetek mállásakor a rádium vegyületei az üledékes kőzetekbe, forrásokba, folyókba, tengerekbe kerülnek; az agyagpalák, homokkővek és mészkővek rádium-tartalma ezért hasonló a vulkánikus kőzetekéhez. A rádium kinyerésének a rádiumban legdúsabb és legfontosabb nyersanyaga az uránszurokérc. (*Neumüller* szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Radon, Sugárzás, Uránszurokérc

Receptbeton

A receptbeton olyan beton, amelynek összetételét valamely előírás adja meg. A receptbeton megnevezése az MSZ 4798:2016 szabványban „előírt szabványos beton”, de ilyet érvényes magyar szabvány nem tartalmaz.

Tájékoztató receptbeton-összetételek legutóbb a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezete 4.4.3.1. szakaszának 4.23-4.27. táblázatában, ezt megelőzően pedig az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelv 2.4.3. szakaszának 31-33. táblázatában szerepeltek.

A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban a hivatott és felkészült szakmai szervezet által készített receptbetont „előírt iparági beton”-nak nevezték. Lényegében ilyen volt a Magyar Államvasutak vasúti beton és vasbetonhidak építésére vonatkozó, – az MSZ 4719:1982 szabvány előírásait és az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelv ajánlásait követő – 1985. január 1-jén érvényre lépett MÁV H. 2. sz.:1984 utasítása 3.7. szakaszának 3.10. táblázata, amelyben a hídbetonok összetételének főbb jellemzőit adták meg. E vasúti hídszabályzati

utasítás 3.6.3.1. szakaszában utaltak az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelvnek a receptbeton-összetételeket tartalmazó táblázataira is.

Megjegyzés: A régi magyar vasúti hídszabályzatok példányait a MÁV Központi Irattárában őrizik.

Lásd még: Beton, Vasbeton, továbbá: *könyvünk 2.1. fejezete*

Re-con Zero

Lásd: Visszanyert, granulált adalékanyag

Redoxi potenciál

Nevezik elektródpotenciálnak, standard potenciálnak, normálpotenciálnak, oldási potenciálnak is.

A redoxi potenciál egy redoxi-pár elektron leadási (oxidáció), illetve felvételi (redukció) képességének mértéke a H_2/H_2O rendszerben.

A redoxi potenciál szennyvizek esetén a szulfid-képződés kifejezője. Például a bomló szerves anyagok a szulfát redukcióhoz használnak el miközben kénhidrogén (H_2S) képződik.

Jele: E^0 Mértékegysége: mV

Lásd még: Elektródpotenciál

Redoxi-folyamat, Redoxi-reakció, Redoxi-rendszer

Redoxi-folyamatoknak (*redukciós-oxidációs* folyamatoknak) vagy redoxi-reakcióknak nevezzük azokat a kémiai reakciókat, melyek az oxidációfok megváltozásával járnak. Ezekben a folyamatokban az egyik reakciópartner felvesz, a másik pedig veszít, lead elektronokat. Az elektront leadó partner oxidálódik, oxidációs száma nő; ezek a reakciópartnerek a redukálószeresek. Az elektront felvevő partner redukálódik, oxidációs száma csökken; ezek a reakciópartnerek az oxidálószeresek. (*Neumüller szerk., 4. kötet, 1984*), (*Wikipédia*)

Lásd még: Oxidációfok, Oxidációs szám, Feszültséghorrózió

Redukálószeresek

Lásd redoxi-folyamat

Redukált víz-cement tényező

A redukált víz-cement tényező a földnedves konzisztenciájú beton *Palotás*-féle alap víz-cement tényezőjének szinonimája.

Jele: x_0

Lásd még: Alap víz-cement tényező

Redukció

A redukció – például elektrolitos disszociáció során lejátszódó – elektron-felvételt jelent. Például: $2 \cdot H_2 + O_2 \rightarrow 2 \cdot H_2O$ esetén az oxigén felveszi a két hidrogén atom az egy-egy elektronját, ezzel az oxigén oxidációs foka 0-ról -2 értékre csökken, tehát redukálódik.

(<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>)

Lásd még: Elektrolitos disszociáció, Oxidáció

Redukciós folyamat

A redukciós folyamatokat, amelyek elektron felvétellel járnak, az elektrokémiában katódos folyamatnak nevezik.

Katódos folyamat például az oxigénnek az acélbetét felületén lejátszódó redukciója, amelynek

során az anódon képződött elektronokat (e^-) a katódon a nagyfelületű oxigénionok kötik le: $\frac{1}{2} \cdot O^{2-} + H_2O + 2 \cdot e^- \rightarrow 2 \cdot (OH)^-$. Közben az alacsony pH-érték következtében az anódos korróziós pont közelében is katódos reakció játszódik le, amelynek során a hidrolízissel létrejött protonok (H^+) hidrogén képződése mellett redukálódnak, és például vasoldódással szabaddá vált elektronokat (e^-) vesznek fel: $2 \cdot H^+ + 2 \cdot e^- \rightarrow H_2$ (Ch. Fischer, 2012).

(<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>)

Lásd még: Acélbetét korróziója, Oxidációs folyamat

Regressziószámítás

A regressziószámítás a regressziós függvények (görbék, felületek) meghatározásának módszertana. Segítségével lehetőség nyílik a mérési eredmények (vizsgálati eredmények) együtt értékelt halmazát leíró azon regressziós függvények együtthatóinak (paramétereinek) meghatározására, amelyekhez – mint független változóhoz – tartozó hibanégyzetösszegek a legkisebbek.

A mérési eredményekre fektetendő regressziós függvények együtthatóinak meghatározásával *könyvünk 1.6.5. fejezetében* foglalkozunk.

Lásd még: Determinációs együttható, Hiba és hibanégyzetösszeg, Korrelációszámítás, Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság

Rejtett hidraulikus tulajdonság a víz hatására önmagában nagyon lassan és kismértékben szilárduló, bizonyos mennyiségű reakcióképes mészhidráttal és reakcióképes szilícium-dioxidot tartalmazó olyan anyag tulajdonsága, amely külső forrásból származó reakcióképes mészhidráttal (például a cement szabad mészhidráttartalma) és víz jelenlétében, víz alatt is, kalcium-szilikát és más ásványok képződése közben megszilárdul. A rejtett hidraulikus tulajdonságú anyag mészmódulusa: $0,5 \leq CaO/SiO_2 < 1,5$. Ilyen tulajdonsága van például az örölt, granulált kohósalaknak és a bázikus pernyének.

Lásd még: Hidraulit, Mészmódulus

Relatív atomtömeg

Lásd: Atomtömeg

Relatív hiba

A relatív hiba korreláció-számítási fogalom, a függvény-változók közötti kapcsolat szorosságának egyik mérőszáma, amely a mérés viszonylagos pontosságát mutatja, és ezért százalékban is meg lehet adni. A relatív hiba a standard hiba (S_{hiba}) és a függő változó mért értékei (y_i) átlagának hányadosa:

$$H_{hiba} = \frac{S_{hiba}}{\frac{\sum y}{n}}$$

Lásd még: Standard hiba

Relatív molekulatömeg

A relatív molekulatömeg a molekulát alkotó atomok relatív atomtömegének összege. Viszonyszám, amely az adott molekula átlagos tömegének (a molekula atomjai átlagos tömege összegének) és a ^{12}C -szénizotóp tömege 1/12-ed részének hányadosa.

Lásd még: Atomtömeg

Relatív szórás, a beton nyomószilárdságának relatív szórása

Angolul: Coefficient of variation

Németül: Variationskoeffizient

Nevezik variációs tényezőnek vagy variációs együtthatónak is. A relatív szórás a szórás és az átlag, például a beton nyomószilárdsága szórásának és átlagértékének a hányadosa, amelyet százalékban is ki lehet fejezni.

A relatív szórás valamilyen értékének felhasználása a betonanyagtanban a világon először az MSZ 15022-1:1971 szabványban jelent meg (Szalai 2002) burkolt formában, ugyanis sem ez, sem a többi 2002 előtti szabvány és szabályzat a relatív szórás fogalmát és értékeit nem tartalmazta, de azok a nyomószilárdság átlagértékének (K_m) és minősítési értékének ($K_{\text{minősítési}}$) függvényében kiszámíthatók.

A hazai irodalom az MSZ 15022-1:1971 szabvány értékei alapján hivatkozik könyvünk 1.5.R1. táblázatában szereplő $V_x = 15\%$ -os relatív szórásra (Szalai 2002).

Az $V_x = \frac{s}{K_m}$ relatív szórás a K_m kockaszilárdság (a beton nyomószilárdságának átlagértéke), a $K_m - K_{\text{minősítési}}$ az alulmaradási tágasság és a t alulmaradási tényező segítségével fejezhető ki:

$$V_x = \frac{s}{K_m} = \frac{K_m - K_{\text{minősítési}}}{t \times K_m} = \frac{1}{t} \times \left(1 - \frac{K_{\text{minősítési}}}{K_m}\right)$$

ezért értéke adott K_m kockaszilárdság és $K_{\text{minősítési}}$ minősítési érték esetén a t alulmaradási tényezőtől függ. Az MSZ 15022-1:1971 és a korabeli többi szabványban és szabályzatban $t = 2,0$ alulmaradási tényezővel és $V_x = 0,15$ relatív szórással számoltak, és így határozták meg a K_m kockaszilárdságból a $K_{\text{minősítési}}$ minősítési értéket:

$$K_{\text{minősítési}} = K_m \times (1 - V_x \times t) = K_m \times (1 - 0,15 \times 2,0) = 0,70 \times K_m$$

Megjegyzés: Ehhez az összefüggéshez normális-eloszlást feltételezve $p = 2,275\%$ alulmaradási hányad tartozik (Stange et al., 1966), tehát ez a $K_{\text{minősítési}}$ minősítési érték „szigorú” küszöbérték (jellemző érték) volt.

Napjainkban $t = 2,0$ helyett esetenként $t = 1,645$ alulmaradási tényezővel szokás számolni (Szalai, 2002) – ahol $t = 1,645$ az $n = \infty$ vizsgálati eredményhez tartozó Student-féle alulmaradási tényező, és az alulmaradási hányad $p = 5,0\%$ – amely esetben a $K_{\text{minősítési}}$ minősítési értékre a következő összefüggés adódik:

$$K_{\text{minősítési}} = K_m \times (1 - V_x \times t) = K_m \times (1 - 0,15 \times 1,645) = 0,75 \times K_m$$

1.5.R1. táblázat: A beton relatív szórása az 1982 előtti szabványokban és szabályzatokban

Nyomószilárdsági osztály									
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560
Átlagérték, kp/cm^2 , K_m									
50	70	100	140	200	280	350	400	500	560
Küszöbérték (minősítési érték, jellemző érték), ha az alulmaradási tényező $t = 2,0$, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}}$ (Kerekítés nélküli értékek, szemben a szabványokban és szabályzatokban szereplő értékektől)									
35	49	70	98	140	196	245	280	350	392
Relatív szórás, ha az alulmaradási tényező $t = 2,0$, V_x									
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Küszöbérték (minősítési érték, jellemző érték), ha az alulmaradási tényező $t = 1,645$, kp/cm^2 , $K_{\text{minősítési}}$ (Kerekítés nélküli értékek, szemben a szabványokban és szabályzatokban szereplő értékektől)									
37,5	52,5	75	105	150	210	262,5	300	375	420

Relatív szórás, ha az alulmaradási tényező $t = 1,645$, V_x									
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Az 1970-es évek közepén a betonozó munkahelyek besorolása a nyomószilárdság relatív szórása alapján a következő volt (*Palotás – Balázs* 1980):

- Kitűnően betonozó munkahely: $V_x \leq 10\%$
- Jól betonozó munkahely: $V_x = 10\text{-}15\%$
- Rosszul betonozó munkahely: $V_x > 20\%$

Megjegyzendő, hogy a relatív szórás fogalma például az MSZ EN 1990:2011 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban is szerephez jut. Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7. fejezetében a V_x relatív szórást a kísérletek vagy vizsgálatok n száma függvényében fejezik ki a szilárdság jellemző (karakterisztikus) értékének meghatározásához. Például $n = 3$ esetén, ha a relatív szórás ismert, akkor $V_x = 1,89$, ha ismeretlen, akkor akkor $V_x = 3,37$, és ugyanezek $n = 5$ esetén $V_x = 1,80$, illetve $V_x = 2,33$. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban többek között azt írják, hogy ha a betonszilárdság relatív szórása nem haladja meg a 10%-ot, akkor a beton biztonsági (parciális) tényezőjét $\gamma_{C,red1} = 1,4$ értékre lehet csökkenteni.

Jele: s_{rel} vagy V_x , de főképp a régebbi irodalomban találni ν (görög kis nő) vagy v (görög kis üpszilon) jelölést is.

Lásd még: *Bayes*-féle megközelítés, Ismeretlen relatív szórás, Ismert relatív szórás, Normális-eloszlás, Nyomóhatárfeszültség

Relatív testsűrűség

Az anyag testsűrűségének és a víz hőmérséklet függő sűrűségének hányadosa. Azt fejezi ki, hogy az anyag testsűrűsége az adott vizsgálati hőmérsékleten hányszorosa a víz sűrűségének (lásd az anyagsűrűség fogalmát). Nevezetlen szám.

A relatív testsűrűség fogalmával magyar nemzeti szabványban nem találkozunk, de európai és nemzetközi szabványban szerepel (például MSZ EN 934-2:2009+A1:2012, ISO 758:1976).

Lásd még: Látszólagos porozitás

Relaxáció

Lásd: Ernyedés

Relaxációs idő

Lásd: Retardációs idő

Reológia

A reológia görög eredetű szó, és ebben az értelmezésben az anyagoknak az idő folyamán lejátszódó változásait vizsgáló műszaki tudományág megnevezése. Reológiai fogalom például a kúszás és az ernyedés.

A reológia körébe tartozik a gázok, folyadékok és folyadékszerű anyagok (például szuszpenziók, emulziók, kolloid rendszerek) mozgása, alakváltozása, illetve az alakváltozás időbeni és hőmérséklettől függő lefolyása törvényszerűségeinek leírása is.

A reológiai szabványokat a DIN-Taschenbuch 398:2012 foglalja össze.

Lásd még: Ernyedés, Kúszás, Mechanikai anyagmodell

Reológiai anyagmodell

Lásd: Mechanikai anyagmodell

Reológiai folyáshatár

Lásd: Folyáshatár, Folyási feszültség reológiai értelmezése

Reométer

Áramlásmérő, készülék folyadékok és gázok áramlási tulajdonságainak mérésére.

A reométer görög eredetű szó (rheos = folyam, folyás, áramlás; metron = méret, mérték)".

Lásd: Viskoziméter

Repedésmentes beton, repedésmentes vasbetontartó

A beton akkor repedésmentes, ha a húzott szélső szálban fellépő feszültség (σ_{bh}) kisebb a repedésmentesség megkívánt fokától függő határfeszültségnél (σ_{hH}), vagy legfeljebb egyenlő vele, illetve a tartó mértékadó repesztőnyomatéka (M_{rh}) kisebb a repesztőnyomaték határértékénél (M_{rH}). (Mihailich et al., 1964), (Palotás, 1967)

A repedésmentes hajlított vasbetontartót az I. feszültségállapot szerint kell méretezni. A repedésmentes beton I. feszültségállapotban, más szóval I. stádiumban van mindaddig, amíg a betonban fellépő húzófeszültség a beton húzószilárdságát, illetve a betonban keletkező fajlagos nyúlás a beton fajlagos szakadónyúlását el nem éri. Az I. feszültségi állapotú betonra mind a Hooke-féle arányossági törvény, mind a Bernoulli-Navier-féle linearitási törvény elfogadható. A repedésmentességet első sorban például tartályoktól indokolt megkövetelni. (Mihailich et al., 1964), (Palotás, 1967)

Lásd még: Bernoulli feltevés (hipotézis), Hooke-törvény, Navier (Bernoulli-Navier) hajlítási képlet, Poisson-féle tényező

Repedéstágasság (bemetszéstágasság) változás

Angolul: CMOD, crack mouth opening displacement

Németül: Verschiebung am Ansatz der Rissöffnung

A fém-szál-erősítésű betonoknak az MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány alapján, 500 mm támaszközön végzett középpontos hajlító-húzóvizsgálata során a 150×150×(550-700) mm élhosszúságú, általában acélsablonban készített, alul bemetszett beton próbahasáb alsó felületén mért, a terhelőerő-vezérléshez használt repedéstágasság értéke a gerenda elem középpontjában létrehozott bemetszésnél értelmezve, azaz a bemetszett próbahasáb alsó szélső szálának a megnyúlása.

Lásd még: Arányossági határ, Ipari betonpadló, Szálerősítésű beton, Szálerősítésű lövellt beton

Repesztőanyag

Repesztőanyagot hazánkban Sziredin néven a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Cement Osztálya fejlesztett ki és szabadalmaztatott (1.5.R4. ábra). A Sziredin repesztőanyagot a SZIKKTI tatabányai Kísérleti Üzemében, majd a SZIKKTI felszámolása után rövid ideig az Extracem Kft. héregi telephelyén gyártották és forgalmazták (1.5.R5. - 1.5.R74. ábra). Arról nem tudunk, hogy a Sziredin repesztőanyagot napjainkban is gyártanák (1.5.R8. ábra).

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala		Elektronikus Adatlap		
KERESÉS	Találati Lista	4825/86	X	
Adatlap - SZABADALOM		ügyszám: 4825/86 lajstromszám: 200215		
Lekérdezés adatai				
Megtekintés időpontja	2023.01.05 21:10			
Utolsó frissítés időpontja	2014.06.25 11:19			
Státuszadatok				
Státusz	Oltalom nem áll fenn Végleges szabadalmi oltalom megszűnt Végleges oltalom megszűnése (díjfizetés hiányában) Jogerőre emelkedett: 1994.07.29 Ügyiratszám: 4825/86/1 Megszűnés időpontja: 1993.11.22			
Bibliográfiai adatok				
Bejelentés napja	1986.11.21			
Szabadalom címe	Kőzetek vagy beton repesztésére szolgáló egy- vagy kétkomponensű készítmény			
Jogosult	(100%) Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet; Budapest Pf. 112. 1300 (HU)			
Feltaláló	(35%) dr. Dolezsai Károly; Budapest Derék u. 3. 1016 (HU) (25%) Müller János; Budapest Víznyelő u. 1. 1031 (HU) (15%) Kaubek Károly; Tata Jázmin u. 42. 2890 (HU) (10%) Csaba Tibor; Héreg Damjanich u. 24. 2832 (HU) (10%) dr. Mátrai József; Budapest Lajos u. 129. 1036 (HU) (5%) Várhegyi Tiborné; Budapest Himző u. 4. 1039 (HU)			
Megadó határozat kelte	1989.11.20			
Osztályjelzetek				
Nemzetközi Szabadalmi Osztályozás (NSZO)	E21C 37/06			
Meghirdetés/Nyilvánosságra kerülés				
Oltalom megadása	1989.11.20			
Szabadalom megadásának meghirdetése	1990.04.28			
Egyéb eljárások				
I. Díjfizetés elmulasztása miatti megszűnés megállapítása				
(1) Végleges oltalom megszűnése (díjfizetés hiányában)	1994.07.18 Jogerőre emelkedett: 1994.07.29			
Fenntartási díjak				
Befizető	Befizetés	Összeg	Érvényesség	Maradvány
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet	1992.04.09	12,000	6 (1991)	0
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet	1992.11.19	18,000	7 (1992)	0
Eljárás menete				
Intézkedés	Kérelem benyújtásának napja	Intézkedés meghozatalának napja	Intézkedés postázásának napja	Jogerő
(1) Végleges oltalom megszűnése (díjfizetés hiányában)	-	1994.07.18	1994.07.25	Jogerőre emelkedett: 1994.07.29

1.5.R4. ábra: A SZIKKTI Sziredin néven forgalmazott repesztőanyagának szabadalmi adatlapja

CONSTRUMA '88**A Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet****termékei és szolgáltatásai****„SZIREDIN” fesztítő cement**

A „SZIREDIN” olyan cementtartalmú duzzadó keverék, amelynél a kémiai folyamatok következtében fellépő duzzadás lassan, de igen nagy erővel megy végbe.

Ez a hatás olyan nagy, hogy vasbetont, vagy természetes kőzeteket is képes szétrepeszteni. Alkalmazása környezetkímélő. Nem robban, nem szórja tele a környezetet szilánkokkal. A lassú folyamat következtében a beton, a kőzettömbök csendben széthasadnak. A repesztés zárt helyiségben is elvégezhető.

Felhasználható olyan helyeken, ahol valamilyen okból nem lehet robbantani. Például épületen belül, utak, hidak mentén stb.



Sziredin fesztítő cementtel repesztett kőtomb

Környezetvédelmi, munkaegészségügyi tevékenység

- Vezetékekben áramló gáz-szilárd diszperz rendszerek vizsgálata (sebességeloszlás, szilárdanyag-koncentráció, tömegáram).
- Koncentrált és diffúz porforrások szennyezőanyag kibocsátásának mérése.
- Adott terület légszennyezettségének műszeres mérése különböző szennyezőanyagok komponensekre vonatkozóan (immisszió mérések).
- Munkaegészségügyi, ergonómiai vizsgálatok elvégzése.
- Hulladékok minősítő vizsgálata.

„SIKALHYD” hatóanyag és eljárás porzó szabad felületek megkötésére

A „SIKALHYD” nagy kiterjedésű, szabad, porzó felületek lekötésére, a porzás csökkentésére alkalmas, igény esetén egyidejű fűvesítés mellett. Az anyag és az eljárás mind ipari, mind mezőgazdasági relációban alkalmazható. Ez utóbbi területen a zsenge vegetáció védelmét is szolgálja!

„SZIKKTI” típusú zsákos porleválasztó

A „SZIKKTI” típusú zsákos porleválasztók a gázokban lebegő száraz, szilárd szennyeződések leválasztására tervezett berendezések. A porleválasztók teljesen automatizált üzeműek, a zsákok tisztítása sűrített levegős lefúvatással történik. A négy különböző nagyságú egységkamrából a domino-elv szerint a legkülönbözőbb teljesítmény nagyság építhető össze. A helyszíni adottságoknak megfelelően egyedi kialakítások is készültek.

SZITER önterülő, cement alapú aljzatsimító anyag.

Kiválóan alkalmas belső térben (15 mm vastagságig) padlózatok további burkolás (szőnyegpadló, műanyagburkolat) előtti gyors kiegyenlítésére.

Ára: 9600,- Ft/tonna

További felvilágosítás:

**Szilikátipari Központi
Kutató és Tervező Intézet**

Budapest III., Bécsi út 126-128.
Telefon: 683-693
Telex: 22-5269, 22-4367



Hazai hírek

Repeszmentes jövesztés sziredin és geotextíliák felhasználásával

Olyan vágatokban, ahol a szerelvények, berendezések (pl. gumiszalag) üzemeltetése közben kell robbantási munkákat végezni, jelenleg komoly gondot okoz a *repszhatás* és az ellene való védekezés. Ennek kiküszöbölésére nyílik mód a bányászatan eddig még nem alkalmazott anyagok (*sziredin*, *geotextília*) felhasználásával két olyan *kőzetrepesztési eljárás* bevezetése útján, amelyet a kísérletek is igazoltak.

Az egyik módszer a *sziredinnel* a *csendes kőzetrepesztés*, amikor a fúrólyukba töltött szuszpenzió 30–40 MPa duzzadó ereje 24–72 óra alatt összeroncsolja a betont, vagy a szálban álló kőzetet. Célirányos lyuktelepítésekkel ez a módszer a bányában alkalmas a gépalapok elbontására, a talputánvétekhez, illetve a speciális törésekhez és hasításokhoz. A szabadalommal védett *sziredinszuszpensió* három komponensből csomómentesre és önthetőre keverendő a munkahelyen. A sziredinnel

végzett munkálatok nem minősülnek robbantásnak, betanított munkaként végezhetők.

A 0,3–0,5 m lyukkiosztás esetén 5–35 kg/m³ (a kőzetminőségtől függően) a sziredinfogyasztás, melynek ára 1990 közepén 55 Ft/kg (+25% ÁFA) volt.

A másik módszernél a *geotextíliák* (TERFIL, TIPPTTEX) felhasználásával a hagyományos robbantási munkaterületet *védőpaplannal* takarjuk le, amely a robbantás során a képződő repeszeket leztorítja, a füstgázokat pedig áteresztí. A védőpaplan a robbantás során – a fúrólyukhossz 1–3-szorosára felemelkedve – fejtí ki védőhatását. A 4–5 alkalommal is felhasználható geotextília szabászollóval jól vágható. A magyar gyártmányú geotextíliák ára típustól függően 1990 közepén 50–70 Ft/m² között mozgott.

A jelenlegi 200–400 Ft/m³-es robbantási költségeket a védőpaplan (a repeszmentesség biztosításával) 8–15%-kal növeli.

A két repeszmentes kőzetjövésztesí eljárás sikeres kísérletei a *Márkushegyi bányauzembn* folynak. *Koleszár János*

1990. 686. oldal

Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászati 123. évfolyam, 11–12. szám

1.5.R6. ábra: Híradás a Sziredin repesztőanyagról a Bányászati és Kohászati Lapok 1990. évi 11-12. számában



CEMKUT-TECHNOCEM Kft.

Cementipari Kutató-Fejlesztő Korlátolt Felelősségű Társaság

Cím: 1034 Budapest, Bécsi út 118-122.

Levél cím: 1300 Budapest, Pf. 230

Ügyvezető igazgató: Dr. Fodor Márta

Tel/Fax: (36-1) 188-3793, 188-4199, 168-8433

Kísérleti üzem: 2800 Tatabánya, III. Cementgyár, Pf. 515

Tel: 06 - 34 - 310 324

A CEMKUT-TECHNOCEM Kft. tevékenységi köre:

- cementkémiai és cementtechnológiai kutatások, fejlesztések;
- cement-, gipsz-, mész- és egyéb szilikátipari termékek minősítése, szabványosítása, minőségének javítása, a termék-választék bővítésére irányuló kutatások, fejlesztések;
- cement-, mész- és egyéb szilikátipari nyersanyagok vizsgálata, technológiai alkalmazhatóság szerinti minősítése;
- különleges cementek és cement-, illetve mész-kötésű szárazhabarcsok fejlesztése, előállítása, minősítése, kül- és belföldi értékesítése. Aprítási, osztályozási, égetési, stb. műveletek elvégzése;
- egyes környezetvédelmi, illetve hulladék hasznosításával kapcsolatos problémák, környezeti hatástanulmányok készítése, valamint munkaegészségügyi és ergonomiai feladatok megoldása, energetikai, hő- és porteknikai mérések;
- cementipari őrlőberendezések technológiai optimalizálására és számítógépes irányítás megvalósítására irányuló kutatások, fejlesztések, mérések.

A CEMKUT-TECHNOCEM Kft. szakmai tevékenységével összefüggő jogköre:

- az MSZH tanúsítási rendszerben akkreditált, független anyagvizsgáló laboratórium.

Ebben a minőségben jogosult cement, mész, azbeszt, stb. nyersanyagok és késztermékek minősítésére, valamint őrléstechnikai laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére és minőségi bizonylat kiállítására;

- önálló külkereskedelmi joggal rendelkezik;
- a szakterületre vonatkozó szaktanácsadás, szakértői tevékenység.

A Tatabányai Kísérleti Üzemben gyártott saját fejlesztésű termékek:

- SZIREDIN - nem robbanó repesztőanyag rideg tárgyak, betonok, kőzetek környezetkímélő feldarabolására;
- horonytömítő duzzadó cement;
- CEMKUT-RAPID - por alakú kötésgyorsító;
- fehér gyorskötő felületi tömítőanyag;
- módosított kötésű, gipszmentes nagyszilárdságú cement (MNC);
- V1 és V12 öntő, illetve betonjavító habarcs (Vergussmörtel-V1, V12) PSB PAGEL eljárás alapján gyártva;
- műemléki habarcs-kötőanyag.

A Tatabányai Kísérleti Üzem szolgáltatásai:

- törés, őrlés, keverés.

Felsorolt szolgáltatásainkról és termékeinkről bővebb felvilágosítással szíves rendelkezésükre állunk személyesen vagy telefonon.

A termékek megrendelhetők budapesti központunkban vagy a Tatabányai Kísérleti Üzemünkben.

1.5.R7. ábra: Híradás a Sziredin repesztőanyagról a Beton szakmai havilap 1996. évi 1. számában

Néhány helyen statikusok tanácsára acélpántokkal erősítették össze az egymástól távolodó falrészeket, de a hatalmas feszítőerő szétszakította az acélt is.

Megszülettek az első szakvélemények. Duzzad a cement, hangzott az ítélet. Azonban hamarosan kiderült, hogy ahol kavicsot használtak, ott nincs gond. Tehát mégis csak a salak a bűnös? De hát akkor miért nincs baj a cementhez adott salakkal, miért dicsérik annyira a habosított kohósalakkal készített beton tulajdonságait? Különben is kutatóhely vizsgálta és minősítette, külön is kitértek a kiváló 28 napos szilárdságra, szakhatóság engedélyezte, és ezek alapján erre szakosodott cég gyártotta és forgalmazta, szakemberek építették be. Van tehát épp elég részese a folyamatnak, csak egy valaki nincs: felelős. (Nekem erről Tuskó Hopkins jut eszembe. Tudják az a Rejtő Jenő regényhős, aki azért nem bukott le soha a névsorolvasásnál, mert ő olvasta a névsort.)

Szóval ez a salak nem granulált kohósalak, és nem habosított kohósalak, még csak nem is kohósalak. Ez „martin acélsalakkő”. Két alapvető dologban különbözik a kohósalakoktól: az olvasztás hőmérsékletében és a hűtés sebességében.

A vas olvasztása alig valamivel 1000 °C fölött történik, és a salakolvadékból gyors hűtéssel állítják elő az üvegszerűen megdermedt granulált kohósalakot. Az acélglyártás salakja viszont 1500 °C-on képződik, és a hűtés is lassú. De miért baj ez?

A magyarázathoz engedjenek meg egy kis kitérőt.

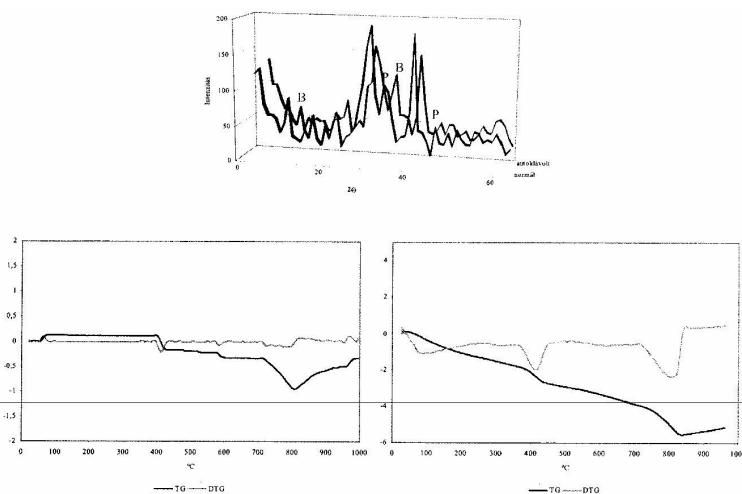
Budapest elhanyagoltabb mellékutcain sétálva biztosan felfigyeltek arra, hogy elég sok helyen észrevehető a falakon leginkább a gépfegyvertüzelés nyomaira emlékeztető vakolathiba. Viharos történelmünk ismeretében ugyan ez sem kizárható, azonban az esetek többségében nem fegyver, hanem az úgy nevezett „mészkuac” a bűnös. Ez akkor jön létre, ha a mészkövet jóval a 900 °C-os bomlási hőmérséklet fölött égetik. Ha a túlétetés eléri a 4-500 °C-t, az oltódás nem a mészoltó ládában, még csak nem is a meszesgödörben, hanem a már szilárd vakolatban fejeződik be, és létrejönnek a „gépfegyver nyomok”.

Nos, a martinsalak betonban végbemenő folyamat ennek édes testvére. Csak nem a mészkő, hanem közeli rokona, a dolomit, vagy a magnezit ég túl, és nem mész (CaO), hanem túlétetett magnézia (MgO) keletkezik, és ebből nem mészhidrát (Ca(OH)₂) hanem „magnézia-hidrát” (brucit, Mg(OH)₂) jön létre. A túlétettség mértéke pedig közel 1000 °C-ra nő, ugyanis

csaknem ennyivel magasabb az acélglyártás hőmérséklete, mint a magnézia (MgO) képződésé. Az ilyenkor felhalmozódó energiára jellemző, hogy ugyanaz a vegyi folyamat, ami a zajtalan bányaművelésre, vagy robbantás nélküli épületbontásra használt repesztő cementben megy végbe. Korábban gyártottunk ilyen Sziredin márkaneven. Jó néhány tonna trotilt sikerült így megtakarítani. De képzeljenek el ilyen trotilt pótlót egy lakóház falában!

Meg is volt a hatása.

Jogos a kérdés, lehetett volna valamit tenni a katasztrófa elkerülése érdekében?



3. ábra Martinsalak betonminták RTG és DTG diagramja

Először is meg kellett volna vizsgálni előzetesen az adalékanyagot. Ez annyiból állt volna, hogy a salakból cementtel és vízzel készített habarcsot autoklavoláshoz vetjük alá (2 MPa ; 3 óra), majd regisztráljuk a duzzadást. A vizsgálat eredményét pontosítani lehet, ha az autoklavolás előtt, és az után röntgendiffrakciós vizsgálatokat végzünk (3. ábra). Ezzel jól detektálható a „még veszélyes” MgO, és a „már nem veszélyes” Mg(OH)₂ mennyisége. Sajnos, ilyen vizsgálat csak utólagosan készült, és csak annak bizonyítására volt alkalmas, hogy igen hasznos lett volna ilyen vizsgálat a forgalomba hozás előtt. Véleményünk szerint azonban tanulságos lett volna a jövőbeli hasonló esetek elkerülése érdekében a folyamat teljes feltárása, azonban az illetékesek a sokmilliárdos ráfordításból erre összesen 120 ezer forintot szántak.

Egy fontos tanulságot mégis leszűrhetünk a „martinsalak” házak példáján: óvakodjunk az olyan adalékanyagoktól, amelyek a vízzel vagy a cement alkotórészeivel reagálnak.

A szakembereknek már akkor gyanút kellett volna fogni, amikor az eladók azt hirdették, hogy az adalékanyag részben pótolja a cementet. Itt is érvényes a

Néhány kevésbé ismert példa a beton korróziójára. Szerző: Dr. Révay Miklós Ph. D

11

1.5.R8. ábra: Híradás a Sziredin repesztőanyagról a Beton szakmai havilap 2004. évi 1. számában

Reprezentatív minta

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint a reprezentatív adalékanyag (kőanyaghalmoz) minta a mintavételi terv szerint vett, az alaphalmaz minőségének nagy valószínűséggel megfelelő adalékanyag (kőanyaghalmoz) gyűjtőminta.

Repülőtéri pályabetonok nyomószilárdsága

Lásd: Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága

Retardációs idő

A dinamikai viszkozitási tényező (η [$\text{Pa}\cdot\text{s} = \text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$]) és a rugalmassági modulus (E [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$]) retardációs (késleltetési), máshol relaxációs időnek nevezett η/E hányadosa, azaz időállandó. A retardációs idő számszerűen azzal az idővel azonos, amely alatt a mechanikai anyagmodell az egyensúlyi deformáció 0,632-szeresét ($1 - e^{-1}$) éri el.

Mértékegysége: s

Lásd még: Viskozitás

Reziliens szerkezetek

A „reziliens” szó a latin „resilire” igéből származik, ami azt jelenti, hogy „visszaugrani” vagy „visszaverődni”, és eredetileg a testek rugalmas visszahatását jelentette, például egy rugó esetében. A reziliencia nemcsak a káros hatásokkal szembeni ellenállást jelenti, hanem azt a képességet is, hogy a test a hatásokhoz alkalmazkodni és az eredeti normális vagy annál jobb állapotba visszatérni, regenerálódni képes. A reziliens szerkezetek rugalmas alkalmazkodóképességű szerkezetek. Például a kőanyag szilárd, de nem reziliens, szemben például egy tömlővel, amelyet ha megnyomnak, visszaáll eredeti alakjára. A reziliens kifejezés eredetileg a fizikai tudományokban jelent meg, ahol anyagok rugalmasságára vonatkozott, mára azonban a fogalom kiterjedt a humán tudományok és a társadalmi jelenségek területére is (<https://fogalma.hu/reziliens-jelentese/>)

Hazánkban a reziliens, azaz szélsőséges időjárási körülményeknek kitett útpályaszerkezetek tervezése, építése és fenntartása tárgyában a BME Út- és Vasútépítési Tanszéke és Építőanyagok és Magasépítés Tanszéke szervezésében 2025. március 27-én tartottak konferenciát.

Régi megközelítés elve

A „régí megközelítésű” vagy szektorális irányelvek – szemben az „új megközelítésű” irányelvekkel – az Európai Unióban teljes részletességgel szabályoznak, máig is alkalmazzák ezt a módszert, elsősorban az élelmiszeriparban, gyógyszeriparban, vegyiparban, járművek, mérésügy területén (*Winkler, 2005*).

Rézminta

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint mintacsökkentési eljárással egyedi mintákból (egyesmintákból) vagy gyűjtőmintából kapott adalékanyag (kőanyaghalmoz) minta.

Rétegekőzi víz

A rétegekőzi víz kémiailag kötött és adhézios állapotban található a cementkő kalcium-aluminát-hidráttal ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ és $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$) és kalcium-aluminát-szulfát-hidráttal fázisai között. Szárítás során általában a szövetszerkezet rombolása nélkül távozik a cementkőből.

Robusztusság

A robusztusság (testesség) a jól beállított összetételű öntömörödő beton azon kedvező tulajdonsága, hogy az alapanyagok betongyártáskori minőségi és mennyiségi ingadozásaira kevésbé érzékeny.

Lásd még: Öntömörödő friss beton reológiája

Rockwell-keménység

A *Rockwell*-keménység a vizsgáló készülék (1.5.R9. ábra) terhelőerejével a vizsgált fémbe nyomott acélgolyó vagy gyémántkúp bemélyedését kifejező különleges számérték.

Rockwell-keménységgel az edzett, illetve nagy szilárdságúra nemesített acélok keménységét lehet kifejezni.

A *Rockwell*-keménység jele az MSZ EN ISO 6508-1:2016 szabvány szerint:

- *Rockwell*-keménység számértéke
- *Rockwell*-keménység betűjele (HR)
- Skála jele (A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T; tapad a keménység betűjéhez)
- Terhelőtest anyagleje (acél esetén: S, kemény fém esetén: W)

Például: 500 HRC S



1.5.R9. ábra: *Rockwell* keménységmérő készülék

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>

Lásd még: Keménység

Római cement, románcement, románmész

A római cement, más szóval románcement vagy románmész (*caementum romanum*) 20 tömeg%-nál nagyobb agyagtartalmú, zsugorodást el nem érő, mintegy 900-1100 °C hőmérsékleten kiégetett, finomra őrölt, gyengén hidraulikus mészmárga, amely vízzel keverve gyorsan köt, és víz alatt is szilárdul.

A rómaiak a gyengén hidraulikus kötőanyaggal épített öntött falazatot nevezték „*caementum romanum*”-nak, és ilyenből építettek vízzel érintkező medencéket, vízvezetéseket, hídpilléreket, partfalakat, mólókat (*Marcus Pollio Vitruvius* római építész: „*De Architectura*”, Kr. e. 20.). Az angol *James Parker* az 1796-ban – *John Smeaton* (1724-1792) angol mérnök tapasztalata (1756) alapján – a mészmárgából általa égetéssel, őrléssel gyártott, a rómaiak gyengén hidraulikus kötőanyagához hasonló tulajdonságú poranyagot „*caementum romanum*”-nak (római cementnek, pontosabban római fejtett kőnek, zúzott kőnek → caedō = összezúz latinul) nevezte, amely kötőanyag e néven terjedt el az egész világon. (*Palotás szerk.*, 1958), (*Palotás*, 1979)

Hazánkban római cementből (románcementből) épültek például a budapesti Lánchíd alaptestei, a Ferenc-csatorna bezdáni dunai torkolati betonkamra-zsilipje, az Országház és a budapesti központi vásárcsarnok alaplemeze stb.: Az 1840-es években az angol tervező, *William Tierney Clark* (1783-1852) a Lánchíd alapjaihoz beocsini mészkőből periodikus lángtüzelésű aknakemencében égetett és golyósmalomban őrölt románcementet a Magyar Tudományos Akadémia mai épületének telkén, miután kísérletekkel meggyőződött annak alkalmazhatóságáról. 1854-1856 között a Ferenc József-zsilip (Ferencz József-zsilip) építéséhez *Mihálik János* (1818, Arad – 1892, Budapest) mérnökkari katonatiszt, majd mérnök kamenicai márgából égetett a helyszínen románcementet. Az Országházát *Steindl Imre* (1839, Pest – 1902, Budapest) építész, műegyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja (1898) tervezte; a betonalaptestet románcement felhasználásával 1887. június 16. és 1887. október 1. között, 137 naptári nap alatt építették meg, egydarabban, kézzel kevert, hatvanezer köbméter betonból. Románcementtel készült a *Pecz Samu* (1854, Pest – 1922, Budapest) építész, műegyetemi tanár tervezte, 1894-1896 között épült budapesti Fővám téri központi vásárcsarnok 1 m magas betonalapteste is stb. (*Palotás*, 1979), (<https://adt.arcanum.com/hu>)

A Lábattani Cementgyárat 1869. évben románcement gyártásra alapították, amelyben egészen 1900-ig ez volt az uralkodó termék, akárcsak az ugyancsak 1869-ben alapított beocsini románcement és hidraulikus mész gyárban (Beocsin a Dunától 3 km-re, Újvidéktől 14 km-re fekszik).

Lampl Hugó kir. segédmérnök¹⁷⁰ és *Sajó Elemér* kir. főmérnök¹⁷¹ könyvéből (*Lampl et al.*, 1914) is ismert, hogy hazánkban románcementtel például *Zielinski Szilárd* műegyetemi tanár és *Bartus Adolf* műszaki tanácsos végzett kísérleteket:

¹⁷⁰ *Lampl Hugó* (1883, Budapest – 1976, Budapest) vízmérnök, a műszaki tudományok doktora (1954). Oklevelét 1905-ben a budapesti József Műegyetemen szerezte. Részt vett a Csepel-szigeti Cementkísérleti Állomás anyagvizsgálati kutatásaiban. Dolgozott a Kvassay-zsilip építésénél (1913-1914), 1919-ben a soroksári Duna-ág csatornázásának munkálataiban vett részt, 1920-tól a budapest-csepeli kikötőépítés osztályvezető mérnöke volt. A tassi vízlépcső építésénél 1926-ban hazánkban elsőként alkalmazta a talajvízszint-süllyesztéses alapozást és az öntőtornyos betonozást. A balatoni kikötők építését is ő irányította. *Lampl Hugó* vezette a békésszentandrás vízlépcső (1936-42), a tiszafüredi öntözőrendszer (1940), a hódmezővásárhelyi öntözőrendszer (1947), a Duna-Tisza-csatorna tervezését (1947), valamint a tiszalöki vízlépcső építésének főmérnökeként az alapozás és építés munkálatait. 1955-ben vonult nyugállományba. Emlékére a Magyar Hidrológiai Társaság 1993-ban Lampl Hugó-díjat alapított. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Lampl_Hugo), (<https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=1299>)

¹⁷¹ *Sajó Elemér* (1875, Órszentmiklós – 1934, Budapest) vízmérnök, vízügyi és gazdaságpolitikus, a budapesti József Műegyetemen 1897-ben szerezte mérnöki oklevelét. *Kvassay Jenő* (1850, Buda – 1919, Budapest) – a magyar vízügy negyven éven át legfőbb irányítója – a nagybátyja volt. *Sajó Elemér* az oklevél megszerzése

Zielinski Szilárd tanulmányában (*Zielinsky*, 1909) foglalt táblázatok szerint az 1:3:3 (mészdús románcement):(folyami homok):(durva adalékanyag) tömegarányú, földnedvesen kevert, 1 éves korú, 300 mm élhosszúságú betonpróbakockák átlagos nyomószilárdsága zúzott mészkő adalékanyag esetén $120,5 \text{ kp/cm}^2$ ($11,82 \text{ N/mm}^2$) zúzott bazalt adalékanyag esetén $116,5 \text{ kp/cm}^2$ ($11,42 \text{ N/mm}^2$), folyami kavics adalékanyag esetén $114,5 \text{ kp/cm}^2$ ($11,23 \text{ N/mm}^2$), ugyanis $1,0 \text{ kp/cm}^2 \sim 0,0981 \text{ N/mm}^2$. (*Lampl et al.*, 1914)

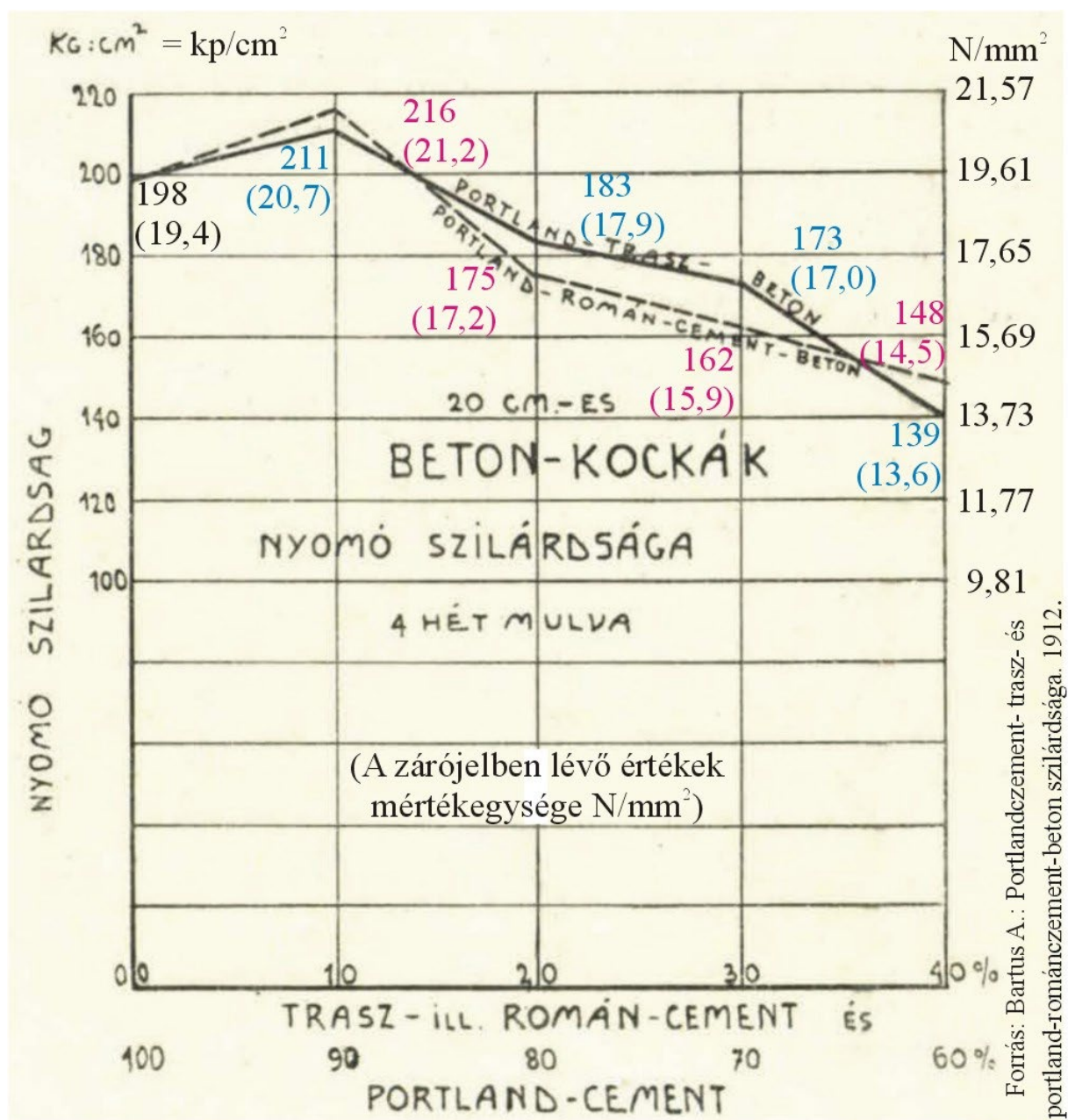
Bartus Adolf a soroksári Duna-ág felső torkolati kamarazsilipe építésével kapcsolatban beocsini románcementtel és selypi trasszal végzett összehasonlító kísérletekkel a Műegyetem alkalmazott szilárdságtani laboratóriumában *Czakó Adolf*¹⁷² műegyetemi nyilvános rendes tanár útmutatásával, 200 mm élhosszúságú, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt betonpróbakockákkal azt vizsgálta, hogy miképpen változik a beton nyomószilárdsága, ha a beocsini portlandcement 10, 20, 30, 40 százalékát románcementtel vagy trasszal helyettesíti. A kísérleti beton kavics adalékanyagának legnagyobb szemnagysága 25 mm, kötőanyag-tartalma 297 kg/m^3 volt. A *Bartus*-féle vizsgálati eredményeket bemutató *1,5.R10. ábrán* látható, hogy a románcement és a trasz kötőanyagú beton átlagos nyomószilárdság-vonala csak kevésbé tér el egymástól. *Bartus* mind a portlandcement-románcement, mind a portlandcement-trasz kötőanyagú betonkeverékekre azt találta, hogy a legkedvezőbb a portlandcement 10-20 tömeg% közötti mennyiségét, valószínűleg 15 tömeg%-át helyettesíteni románcementtel, illetve trasszal. (*Bartus*, 1912), (*Lampl et al.*, 1914)

után néhány hónapig a Földművelésügyi Minisztérium vízügyi osztályán, majd a Ferenc-csatornánál az óbecsei zsilip építésénél, 1897-től a budapesti VIII. kerületi kultúrmérnöki hivatalban dolgozott. 1900-tól megépítette a Bega-torkolati kamarazsilipet és a duzzasztóművet. 1909-től a soroksári Duna-ág rendezési munkáiban vett részt, a Budapesti Kereskedelmi és Ipari Kikötőt (ma: Csepeli Kikötő) építő Kikötőépítő Igazgatóság helyettesvezetője volt; ő építette az északi bejárati hajózsilipet (ma: Kvassay-zsilip) és vezette a soroksári Duna-ág szabályozását. 1928-tól a Földművelésügyi Minisztériumban a balatoni munkálatok felügyeletét látta el, és a Nemzetközi Dunabizottság, valamint a Dunai Állandó Műszaki Bizottság előadója, 1930-tól pedig nyugdíjba vonulásáig (1934) az Országos Vízügyi Mérnöki Szolgálat vezetője volt. A magyar vízügyi politika programját több évtizedre *Sajó Elemér* dolgozta ki. Terveket készített a Duna-Tisza-csatornára és a Körösök csatornázására. Kezdeményezésére készült el a békésszentandrás duzzasztómű. Szorgalmazta öntözésügy fejlesztését. Irodalmi tevékenysége jelentős. Emlékére a Magyar Hidrológiai Társaság középiskolai tanulók számára 1981 óta hirdet szakirodalmi pályázatot.

(<http://mek.oszk.hu/00300/00355/html/ABC13280/13306.htm> és

http://vizmerce.blog.hu/2017/05/02/sajo_elemer)

¹⁷² *Czakó Adolf* (1860, Pest – 1942, Budapest) mérnök, műegyetemi tanár. Tanulmányait a budapesti Műegyetemen és Zürichben végezte, oklevelét 1884-ben szerezte. Gyakorlati tevékenységét a MÁV igazgatóságán kezdte, majd a Kereskedelmi Minisztérium Hidépítési Osztályának munkatársa lett. 1895-től a József Műegyetem alkalmazott szilárdságtani tanszékén előadó, majd nyilvános rendkívüli tanár, 1900-tól nyilvános rendes tanár. 1902-ben vezette be a mérnökképzésbe a szilárdságtani laboratóriumi gyakorlatokat. 1931-ben nyugalomba vonult. 1938-ban a műszaki tudományok tiszteletbeli doktora lett. (*Kenyeres* főszerk., I. kötet. 1981)



1.5.R10. ábra: A kir. József-Műegyetem alkalmazott szilárdságtani laboratóriumában készült betonkockák szilárdsága (Bartus, 1912)

Lásd még: Beton, <http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/51-gyengen-hidraulikus.pdf>

Rosin-Rammler-Sperling-Bennett-eloszlás, RRSB-eloszlás

Az RRSB-eloszlás az aprított halmazok szemnagysága valószínűségének leírására alkalmas exponenciális-függvény. Minthogy az anyagok szilárdságának stb. valószínűsége ugyanezt az exponenciális-függvényt követi, elterjedten nevezik e sajátság felismerője után *Weibull*-eloszlásnak is. Következésképpen a *Rosin-Rammler-Sperling-Bennett*-eloszlás, röviden *RRSB*-eloszlás a *Weibull*-eloszlással azonos III. típusú extrémérték-eloszlás.

Martin és szerzőtársai¹⁷³ (1923-1924) Leighton Buzzard (Bedfordshire, Anglia) környéki kvarchomokból – amelyből a cementszilárdág vizsgálati próbatestek készítéséhez szükséges szabványhomokot szokták előállítani – 0,528-0,833 mm szemnagyságú mintákat szitáltak ki. A kiindulási minták kvarchomok szemének átlagos átmérője 0,698 mm volt. Ezeket a kvarchomok vizsgálati mintákat kísérleti laboratóriumi golyósmalomban 600 és 10000 közötti fordulattal megőrölték, és mikroszkóp segítségével meghatározták az örölt szemek számát és átlagos átmérőjét. Kutatási eredményként a szemnagyság (x) függvényében a szemcseszám (N) gyakoriságára a

$$\frac{dN(x)}{dx} = N'(x) = a \times e^{-b \times x}$$

törvényszerűséget állapították meg, amelyben az „a” és „b” állandók. Az összefüggés szerint a szemnagyság csökkenésével a szemcseszám – a kamatos kamathoz hasonlóan – exponenciálisan egyre növekszik (*Beke*, 1963), (*Rinne*, 2009), (*Navi* 2015).

Rosin és szerzőtársai¹⁷⁴ (*Rosin-Rammler-Sperling*, 1933) a csőmalomban örölt szénörlemények szemmegoszlását extrémérték-eloszlással írták le, és ezzel az aprításelméletet extrémérték-eloszlás alapra helyezték. *Rosin* és szerzőtársai (*Rosin-Rammler-Sperling*, 1933) és *Rammler*, (1933 és 1937) szerint a szitán fennmaradó anyag mennyiségét a kétparameteres

¹⁷³ *Goeffrey Martin*, *Charles E. Blythe* és *Herold Tongue* angol kutatók. A hivatkozott dolgozat *Goeffrey Martin* – különböző szerzőtársakkal a *Trans. Cer. Soc. (England)* folyóiratban – 1923 és 1928 között megjelent mintegy tíz cikke közül az első.

¹⁷⁴ *Paul Otto Rosin* (1890, Freiburg – 1967, London), német kohó- és bányamérnök. Oklevelet 1914-ben a Bergakademie Freiberg egyetemen, doktori fokozatot 1920-ban szerzett, majd 1928-ban a Bergakademie Freiberg magántanára, 1932-ben pedig a Technische Hochschule Berlin műszaki főiskola címzetes professzora lett. 1927-ben Drezdában tüzelés- és hőtechnikai magánlaboratóriumot alapított. *E. Rammler* 1928-tól állt *P. O. Rosin* alkalmazásában, aki nagy hatást gyakorolt a személyiségére és kutatói fejlődésére. Magánlaboratóriumát visszavásárlási joggal 1936-ban eladta *E. Rammlernek*, és származása miatt 1938-ban a náciizmus elől Londonba emigrált, ahol kutatómunkáját az Imperial College London műszaki egyetemen igen eredményesen folytatta. Az 1950-es években *P. O. Rosin* már az akkori NSZK-ban tevékenykedett, de az NDK-ban élő *E. Rammlerrel* csak egyszer, 1961-ben egy londoni konferencián találkozott (*Hahn et al.* 2015). *P. O. Rosin* kutatási területe a szénpor erőművi alkalmazásának lehetősége volt, amelyet nagymértékben befolyásol a szénpor szemnagysága. A szemnagyság előfordulásának valószínűségét *P. O. Rosin* – együtt dolgozva *E. Rammlerrel* – számos műszaki ágazatban alkalmazható exponenciális-függvény alakjában írta le.

Erich Rammler (1901, Tirpsdorf – 1986, Freiberg) német kohó- és bányamérnök, 1949-től a Bergakademie Freiberg egyetem professzora, 1958-tól a Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen műszaki főiskola és 1981-től a TU Dresden műszaki egyetem díszdoktora. Felsőfokú tanulmányait 1920 és 1925 között a freiburgi Bergakademie-n végezte, ahol 1927-ben doktorrá avatták. 1928 és 1936 között *P. O. Rosin* kutatóintézetében dolgozott, ahol annak vezetésével a szénörlemények finomságát különböző őrlőberendezésekkel kutatta, és amely kutatóintézetet 1936-ban a kényszerűségből Angliába áttelepülni készülő *P. O. Rosintól* meg is vásárolt. Kimagasló eredményeket ért el a kohászati célra alkalmas barnaszén-alapú koks (egykori nevén: BHT-Koks = Braunkohlenhochtemperaturkoks) gyártása lehetőségének kutatásában és a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazásában. Tudományos közleményeinek számát 632-re teszik. Elméleti megfontolások alapján az őrlémények szemmegoszlásának jellemzésére *E. Rammler* és *P. O. Rosin* együtt dolgozták ki a ma *RRSB*-eloszlásként ismert exponenciális-eloszlást, amelynek eredeti formáját tőlük függetlenül *K. Sperling* is levezette, és *J. G. Bennett* egyszerűsítette, majd hat évvel később *E. H. W. Weibull* is közzétette. *E. Rammler*, míg *K. Sperling* és *J. G. Bennett* munkásságát ismerte és idézte, addig a *Weibull*-féle közleményről egy angol professzor révén csak 1973-ban szerzett tudomást; ez megviselte, és rosszálló véleményét *E. H. W. Weibull* képlet-alkotási módszeréről a *Neue Bergbautechnik* című NDK-beli folyóiratban 1974-ben hozta nyilvánosságra (*Hahn et al.*, 2015).

Karl Sperling – kiléte ismeretlen, feltehetőleg német mérnök volt – eltérően és függetlenül *P. Rosintól* és *E. Rammlertől* a sűrűségfüggvény alakját egy általános parabola és exponenciális-görbe szorzataként fogta fel: $f(x) = a \times x^m \times e^{-b \times x^n}$, amelyet $m = n - 1$ helyettesítés után integrálva a *Rosin-Rammler*-féle eloszlásfüggvénnyel azonos alakú eloszlásfüggvény adódik: $F(x) = 1 - e^{-b \times x^n}$. Erről maga *E. Rammler* írt 1937-ben megjelent dolgozatának 163. oldalán (*Beke*, 1963), (*Rinne*, 1995 és 2009).

$$R(x) = e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}$$

összefüggés adja meg, ahol az „a” együttható értéke: $a = 0$, a „b” együttható az aprítás finomságát, és a mértékegység nélküli „c” együttható az aprítás egyenletességének a mértékét fejezi ki. Ezt az összefüggést *Sperling* munkája alapján (*Hahn et al.*, 2015) továbbfejlesztve az aprított anyag eloszlásfüggvényét (szemmegoszlási görbét) az akkori (1925-1935) számológépekkel és logarléccel is meghatározható

$$F(x) = 100 \times (1 - e^{-b \times x^n})$$

kétegyütthatós (b, n) alakban írták fel (*Rinne*, 1955), (*Beke*, 1963), és alkalmazását megkönnyítendő olyan koordináta-rendszert is szerkesztettek, amelyben a szemmegoszlási görbe egyenessel ábrázolható (*Hahn et al.*, 2015).

Ebből az eloszlásfüggvényből differenciálással adódik a sűrűségfüggvény alakja:

$$f(x) = 100 \times n \times b \times x^{(n-1)} \times e^{-b \times x^n}$$

*Beke*¹⁷⁵ (1963), *Hahn* és *Stoyan* (2015) beszámolt arról, hogy *Rosin* és *Rammler* senekkel folytatott kísérleteik befejeztével más rideg anyagoknak, így a cement- és a kerámia-örleményeknek a szemmegoszlására is kimutatták képletük érvényességét (*Rosin-Rammler*, 1933, 1934).

*Bennett*¹⁷⁶ (1936) ezeknek az összefüggéseknek az alakját $b = (1/x_0)^n$ helyettesítéssel módosította:

$$F(x) = 100 \times \left(1 - e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n}\right)$$

$$f(x) = 100 \times n \times \frac{x^{(n-1)}}{x_0^n} \times e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n}$$

Az ebben az alakban felírt exponenciális-eloszlást szokás *RRSB*-eloszlásnak nevezni, de 1951 óta – mióta *Waloddi Weibull* leírta, hogy az anyagok szilárdsági tulajdonságai szintén ugyanezt a valószínűségi eloszlást követik – elterjedtebben nevezik *Weibull*-eloszlásnak (*Hahn*¹⁷⁷ et al., 2015).

¹⁷⁵ *Beke Béla* (1909, Tatabánya – 2001, Budapest) gépészmérnök, a műszaki tudomány doktora, címz. egyetemi tanár, neves cementtechnológiai kutató. A Műegyetem elvégzése (1931) után első munkahelye megszakítással – a II. világháború idején koncentrációs táborba hurcolták – a Magyar Állami Köszénbányák (1932-1950), második munkahelye az Építésügyi Minisztérium (1951-1956) volt. 1956-tól a Szikkti Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, illetve elődje Cement Kutató Osztályán, 1965-ig annak vezetőjeként dolgozott. A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1959-ben a „Cementörlés körfolyamatban” című, a műszaki tudomány doktora fokozatot 1963-ban „A cementörlés új elmélete és ennek befolyása a technológiára” című értekezésével nyerte el. A körfolyamatos klinkerörlésre vonatkozó elméleti és gyakorlati kutatási eredményei jelentősen hozzájárultak a hazai cementipar fejlődéséhez. „Aprítás és fajtázás” című tankönyve 1952-ben, „Aprításelmélet” című monográfiája magyarul 1963-ban, angolul 1964-ben jelent meg. Tudását a Magyar Tudományos Akadémia bizottságaiban, az Építőanyag című folyóirat szerkesztőbizottságában stb. is kamatoztatta. Idehaza és külföldön konferenciák köztszerteletben álló előadója, több mint 100 tudományos folyóiratcikk szerzője volt.

¹⁷⁶ *John Godolphin Bennett* (1897, London – 1974, Sherborne, Gloucestershire) angol matematikus és filozófus, spiritualista. Alapvetően filozófia tanár volt, de dolgozott államtitkárként a brit kormányban, és 1938-1941 között a szénipari kutatóintézet (British Coal Utilisation Research Association) vezetője is volt, ahol jelentős eredményeket ért el a széntermelés hatékonysága növelésének kutatásában, és olvasva *Rosin* és *Rammler* 1933-ban angol nyelven megjelent két cikkét, módosította a *Rosin-Rammler-Sperling*-féle valószínűségi eloszlásfüggvény alakját.

¹⁷⁷ *Manfred Hahn* és *Dietrich Stoyan* írja (2015), hogy a Google-hálózaton 2013-ban 2.900.000-szer keresték a *Weibull*-eloszlást, és csak 43.200-szor az *RRSB*-eloszlást (tehát minden egyes *RRSB*-eloszlás keresésre mintegy 67 *Weibull*-eloszlás keresés jutott).

Lásd még: Extrémérték-eloszlás, *Weibull*-eloszlás

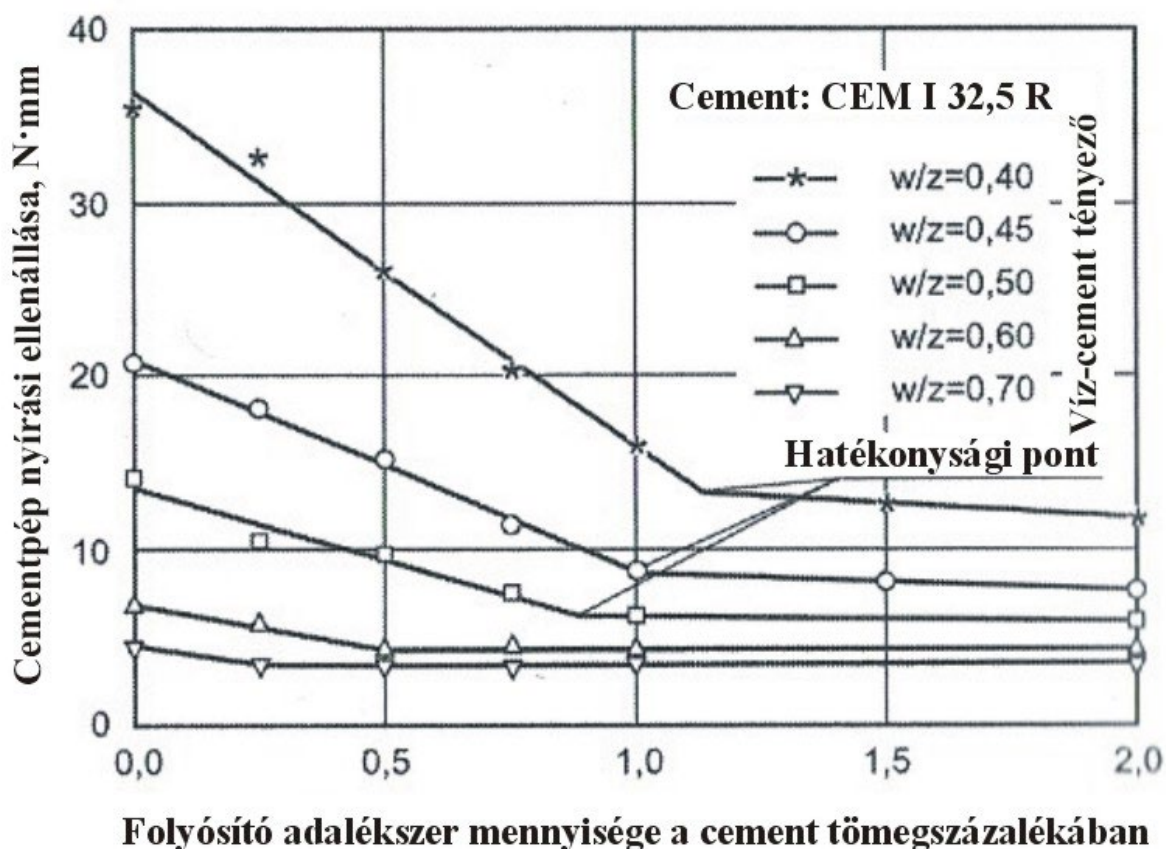
Roskadási mérték

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati eszköze az *Abrams*-féle kúp, vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-2:2009. Mértékegysége: mm. Jele: S1 ... S5

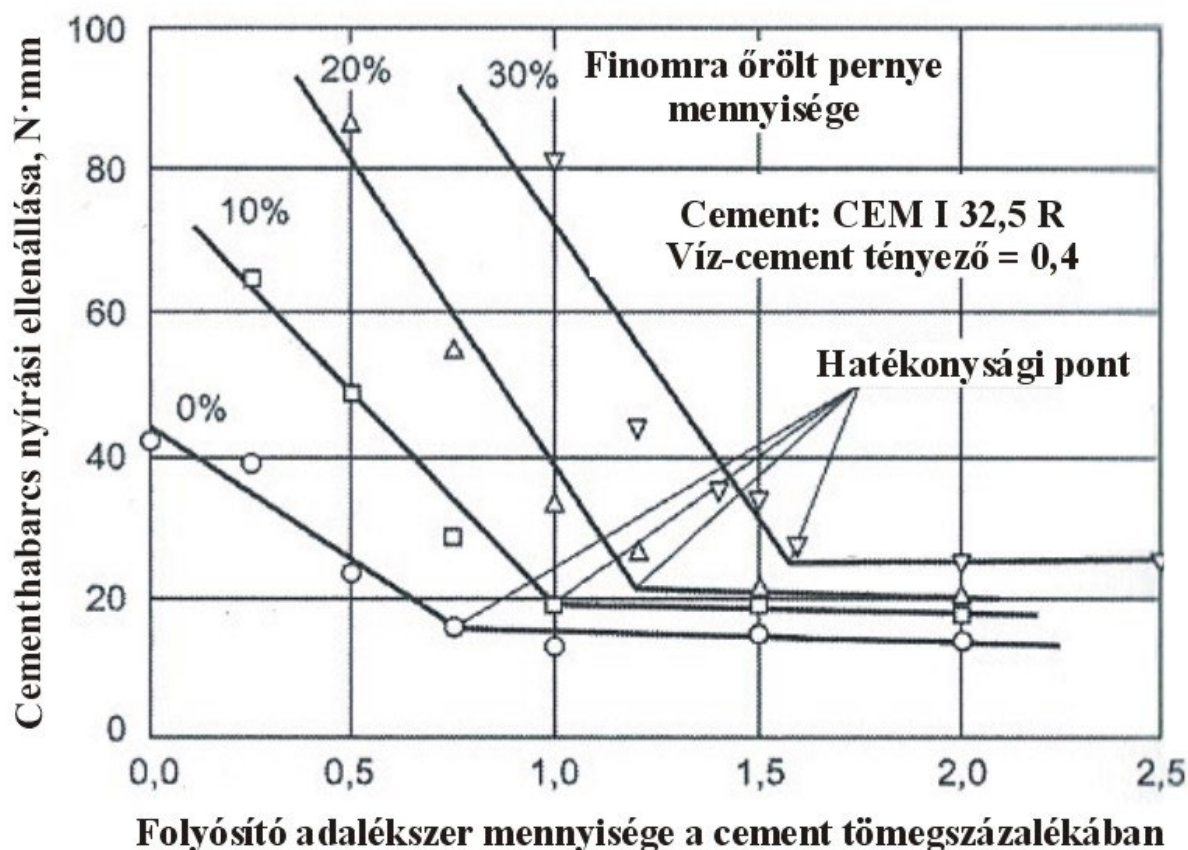
Rotációs viszkoziméter

A rotációs viszkoziméterekkel az anyagba merülő forgó testre ható, a forgási szögsebességtől, az anyag viszkozitásától és a hőmérséklettől függő fékező nyomatékot lehet az időben folyamatosan mérni. A megfelelően kialakított rotációs viszkoziméterek folyadékszerű építőanyagok (cementpép, cementhabarcs, friss beton stb.) idő- és hőmérsékletfüggő tulajdonságainak tanulmányozására is alkalmasak. Ilyen tulajdonság például a friss beton eltarthatósága, keményedése, szivattyúzhatósága, az öntömörödő beton mozgékonyasága stb.

A cementek kötési folyamatának a betonkonzisztencia időbeli változására (romlására) gyakorolt hatása mértékére a cementpépek (1.5.R11. ábra), cementhabarcsok (1.5.R12. ábra) nyírási ellenállása változásának rotációs viszkoziméteres mérési eredményeiből lehet következtetni (Grübl et al., 2001), (Springenschmid, 2007).



1.5.R11. ábra: Példa a különböző víz-cement tényezőjű, folyósító adalékszeres cementpépek rotációs viszkoziméterrel mért nyírási ellenállására, Thielen (1995) után (Springenschmid, 2007)



1.5.R12. ábra: Példa a 0,4 víz-cement tényezőjű, különböző pernyetartalmú, folyósító adalékszeres cementhabarcsok rotációs viszkoziméterrel mért nyírási ellenállására, *Spanka et al. (1995) után (Springenschmid, 2007)*

Lásd még: Tixotrópia, Viszkozitás, <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/173-viszkozitas.pdf>

Rozsda-térfogatnövekedési tényező

Lásd: Acélbetét korróziója

Röntgensugárzás

A *Wilhelm Conrad Röntgen*¹⁷⁸ által 1895. november 8-ról 9-re virradó éjszaka felfedezett röntgensugárzás nagyenergiájú, ionizáló hatású elektromágneses sugárzás, amelynek hullámhossza a néhányszor 10 nanométer és a néhányszor 10 pikométer közé esik.

¹⁷⁸ *Wilhelm Conrad Röntgen* (1845, Lennep, ma Remscheid része – 1923, München) Nobel-díjas fizikus, gépészmérnök. Gépészmérnöki diplomát 1868-ban, doktori fokozatot 1869-ben a Zürichi Műszaki Főiskolán (ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule) szerzett. 1874-ben a Strasbourgi Egyetemen (Kaiser-Wilhelm-Universität Straßburg) habilitált, ahol magántanár (docens) lett. 1879-ben a Gießeni Egyetem (Universität Gießen) kísérleti fizikai tanszékének, 1889-ben a Würzburgi Egyetem (Universität Würzburg) fizikai intézetének lett a vezetője, 1894-től pedig az egyetem rektora volt. 1920-ban nyugalomba vonult.

Röntgen a katódsugárzás kutatását 1894-ben kezdte, és az eközben észlelt, X-sugárnak nevezett felfedezéséről 1896. január 23-án a würzburgi intézetben a Fizikai-Orvosi Társulat (Würzburger Physikalisch-Medizinische Gesellschaft) előtt számolt be. További megfigyeléseit az X-sugarakról 1896 márciusában, majd 1897 májusában tette közzé. Korszakalkotó felfedezéséért elsőként *Röntgen* kapta meg 1901-ben a fizikai *Nobel*-díjat.

Nem csak a sugárzás, hanem a besugárzási dózis régi, ma már nem használt alapegysége (1 röntgen = 1 R = 0,000258·C/kg) és a 111. rendszámú elem (Rg = röntgenium) is a nevét viselte, illetve viseli. A röntgenium rendkívül radioaktív mesterséges elem, amely laboratóriumban előállítható, de a természetben nem fordul elő. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_Röntgen)

A röntgensugárzás nagyobb hullámhosszú (így kisebb energiájú) része az elektromágneses spektrumban az ibolyántúli sugárzáshoz csatlakozik, ezt nevezzük lágy röntgensugárzásnak. A kisebb hullámhosszú (nagyobb energiájú) – kemény röntgensugárzásnak nevezett – tartomány a gamma-sugárzással szomszédos, részben átfedésben is azzal. Ezért az utóbbi kettőt nem is a hullámhosszuk, hanem a keletkezésük mögött álló fizikai folyamatok alapján különböztetjük meg. A gamma-sugárzás atommag átalakulások során jön létre, a röntgensugárzást ellenben nagyenergiájú elektronfolyamatok (nagy sebességre felgyorsított elektronok és egy anyagi közeg kölcsönhatása) hozzák létre. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Röntgensugárzás>), (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984), (Meiswinkel et al., 2011), (Lohaus et al., 2011)

A káros röntgensugárzás ellen ólomréteggel, vagy ezt helyettesítő egyéb anyagokkal (például vas, horgany, baritvakolat, beton stb.) szokás. A tapasztalatok szerint a szokványos adalékanyaggal készített, legalább 2400 kg/m^3 testsűrűségű beton 200 kV röntgenső-feszültségig, e felett a legalább 3000 kg/m^3 testsűrűségű nehézbeton 30 cm vastagságban elegendő a röntgensugárzás elleni védelemre. (Balázs, 2010)

Springenschmid (2007) szerint gamma- vagy röntgensugárzás árnyékolása céljából például $4600\text{--}4900 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű magnetit vagy hematit adalékanyaggal, vagy akár $6800\text{--}7500 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű vasszemcsékkel és acélhomokkal $4000\text{--}5000 \text{ kg/m}^3$ feletti beton-testsűrűséget lehet elérni, de használható barit és nehézfém-salak adalékanyag is.

Lásd még: Gamma-sugárzás, Ionizáló sugárzás, Nehézbeton, Sugárvédelem, Sugárvédő beton, Sugárzás

Rugalmasság

Angolul: Elasticity

Németül: Elastizität

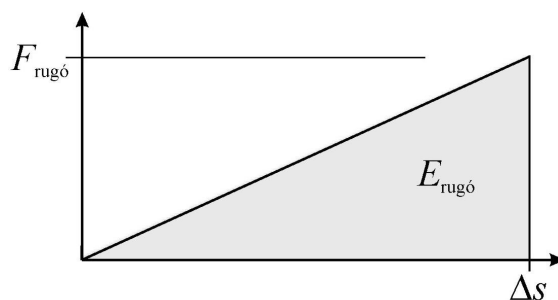
A terhelés alakváltozással jár. Az anyag rugalmasságának ismerve, hogy a terhelés megszűntével az anyag részben vagy egészben visszanyeri a terhelés előtti eredeti alakját. (Palotás: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. kötet, 1979)

Lásd még: Képlékenység, Rugalmassági határ, Rugalmassági modulus

Rugalmas energia

Nevezik deformációs energiának is. A rugalmas energia a rugóban felhalmozott (potenciális) energia, illetve a megnyújtott rugó energiája ($E_{\text{rugó}}$). Egyenesen arányos a hosszváltozás (Δs) négyzetével, az arányossági tényező a direkciós állandónak ($D = F_{\text{rugó}}/\Delta s$) a fele: $E_{\text{rugó}} = (D/2) \times \Delta s^2 = F_{\text{rugó}} \times \Delta s/2$, ahol $F_{\text{rugó}}$ a Δs hosszváltozást létrehozó „lineáris” rugóerő. Az $F_{\text{rugó}}$ rugóerő nem konstans, hanem a rugót megfeszítve zérusról lineárisan növekedve éri el a Δs hosszváltozáshoz tartozó $F_{\text{rugó}}$ értéket, ezért az általa végzett munka, a rugalmas energia: (Legnagyobb erő) $\times$ (Hozzá tartozó út)/2. Az $E_{\text{rugó}}$ rugalmas energia a hosszváltozás-rugóerő koordináta-rendszerben az origóból induló $F_{\text{rugó}} = D \times \Delta s$ egyenes alatti terület nagysága¹⁷⁹, ahol D a direkciós állandó (a $c = 1/D$ rugóállandó reciproka).

¹⁷⁹ Az $E_{\text{rugó}}$ rugalmas energia a Δs hosszváltozás - $F_{\text{rugó}}$ rugóerő koordináta-rendszerben az origóból induló $F_{\text{rugó}} = D \times \Delta s$ egyenes alatti terület nagysága: $E_{\text{rugó}} = F_{\text{rugó}} \times \Delta s/2$. Az $F_{\text{rugó}}$ rugóerő nem állandó, hanem a megnyúlással, Δs -sel lineárisan növekvő erő.



Mértékegysége: J

Lásd még: Direkciós állandó, Rugóállandó

Rugalmas nyúlás

A rugalmas nyúlás a teljes nyúlás és a maradó nyúlás különbsége.

A rugalmas nyúlás például a betonacélok kezdeti és tehermentesítési rugalmassági modulusának meghatározásában játszik döntő szerepet.

Lásd még: Betonacél legnagyobb terheléskori nem arányos és teljes nyúlása, Maradó nyúlás legnagyobb terheléskor, Maradó nyúlás szakadás után, Teljes nyúlás legnagyobb terheléskor, Teljes nyúlás szakadáskor

Rugalmassági határ

A *rugalmassági határ* az a feszültség, amely alatt a szilárd, rugalmas-képlékeny anyagok rugalmasan tehermentesíthetők. A rugalmassági határnál kissé nagyobb feszültség már maradó alakváltozást okoz. A rugalmassági határig a rugalmas-képlékeny anyagok általában követik a *Hooke-féle* törvényt.

A fémek rugalmassági határát a *Hooke-féle* törvény alapján kijelölő maradó nyúlásnak a követelményektől, megállapodástól függő, megadott határértéke – például *Gillemot* (1972) szerint 0,02% vagy 0,002% – nagyságrenddel kisebb, mint a határozott folyáshatár nélküli fémek egyezményes folyáshatárához tartozó maradó nyúlás megadott határértéke (például: 0,1%, 0,2%).

Gyakorlati mérnöki számítások esetén a *Hooke-féle* törvényt sokszor a rugalmassági határnál nagyobb feszültségek esetén is alkalmazni lehet. E feszültségek határa az arányossági határ, amely a rugalmassági határ és a folyáshatár, illetve az egyezményes folyáshatár között elhelyezkedik el. A fémek rugalmassági határa felett megindul egy kismértékű, az arányossági határig nem jelentős képlékeny nyúlás, ezért olykor az arányossági határt is rugalmassági határnak nevezik, de ez így nem pontos, mert a *Hooke-féle* törvény fizikai értelemben csak a rugalmassági határig érvényes (*Palotás*, 1959), (*Gillemot*, 1972), (*Palotás*: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. kötet, 1979).

Lásd még: Arányossági határ, *Hooke-törvény*, Folyáshatár szilárdságtani értelmezése Egyezményes folyáshatár a próbatest terhelt állapotában, Egyezményes folyáshatár a próbatest terheletlen állapotában, Rugalmasság

Rugalmassági modulus, állandó, tényező

A rugalmassági modulus (nevezik *Young-modulus*nak is) a feszültség (σ) és a fajlagos alakváltozás (ε) hányadosa: $E = \Delta\sigma/\Delta\varepsilon$. A feszültség és fajlagos alakváltozás létrejöhet rövid idejű, ismétlődő és tartós nyomó, húzó, hajlító-húzó, nyíró, csavaró-nyíró teher hatására, melyeknek megfelelően nyomási, húzási rugalmassági modulusról, illetve nyírási (csúszási) modulusról (jele: G) beszélünk, de a tulajdonképpen rugalmassági modulus csak húzásra és nyomásra értelmezzük. A tulajdonképpen rugalmassági modulus a *Hooke-törvénynek* megfelelően az arányossági határon belül a σ - ε görbe (feszültség-alakváltozási diagram) hajlásszögének (α_0) iránytangense, de nem grafikus értelemben, azaz nem az α_0 szög tényleges tangense, tehát $E_0 = \tan\alpha_0 = \sigma/\varepsilon_{\text{rug}}$.

Néhány anyag rugalmassági modulusát az 1.5.R2. táblázatban tüntettük fel.

1.5.R2. táblázat: Néhány anyag rugalmassági modulusa

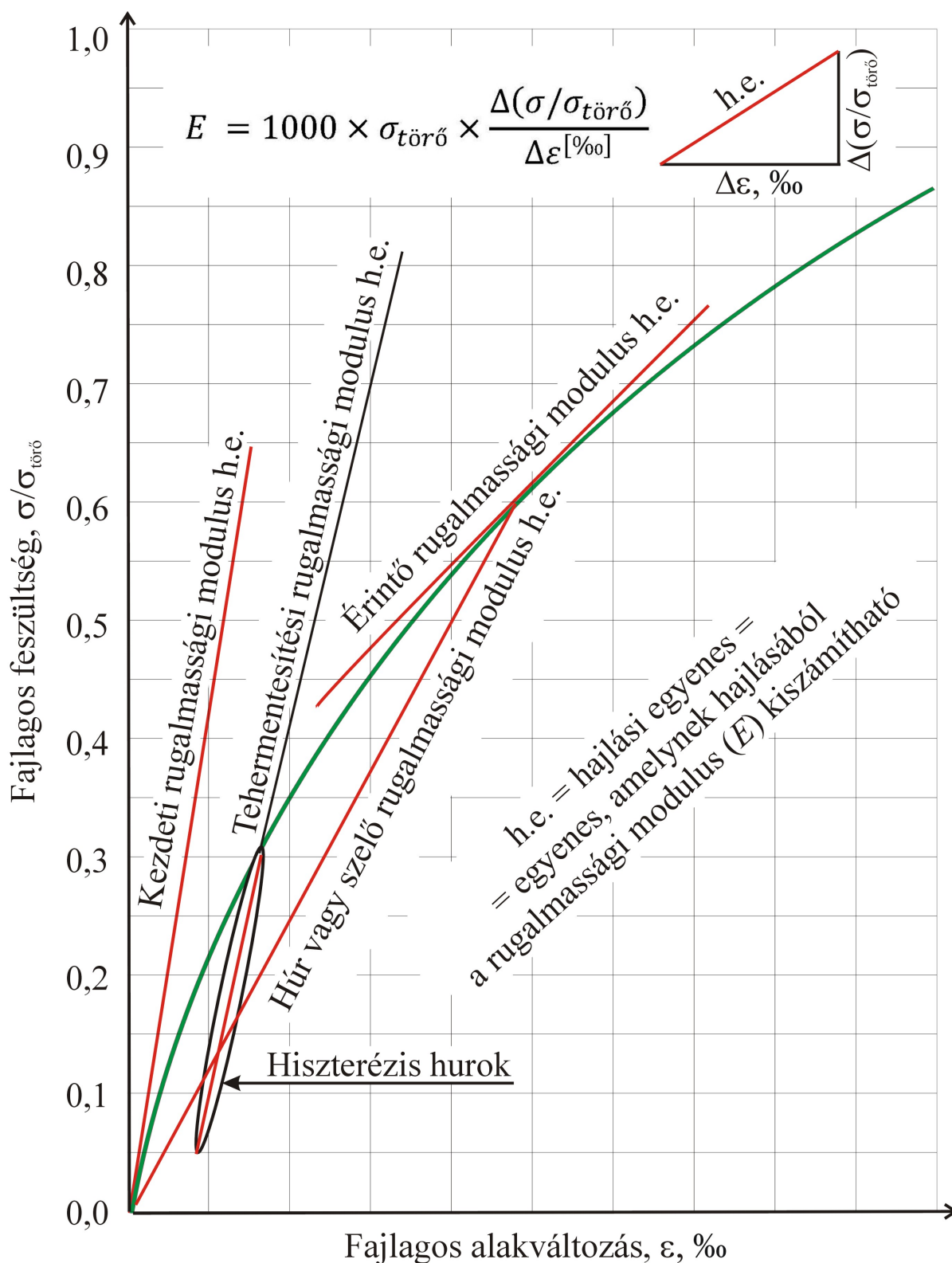
Anyag megnevezése	Rugalmassági modulus N/mm ²	Irodalmi forrás
ACÉL		
Betonacél, B 37 és B 52 minőségű (szakítószilárds.) Hőmérséklet [°C] esetén:		<i>Palotás:</i> Mérnöki szerkezetek anyagtana. 2. kötet. 1979. p. 370.
20	210.000	
100	205.000	
200	193.000	
300	185.000	
400	175.000	
Melegen hengerelt betonacél	206.000	MSZ 15022-1:1986 Építmények teherhordó szerkezeiteinek erőtani tervezése. 1. rész: Vasbeton szerkezetek
Feszítőhuzalok és pászmák	195.000	MSZ 15022-2:1986 Építmények teherhordó szerkezeiteinek erőtani tervezése. 2. rész: Feszített vasbeton szerkezetek
ALUMÍNIUM		
Alumínium	70.000	<i>Palotás:</i> Mérnöki szerkezetek anyagtana. 2. kötet. 1979. p. 432., 435.
BETON		
Beton, nyomási kezdeti rugalmassági modulus		MSZ 15022-1:1986 Építmények teherhordó szerkezeiteinek erőtani tervezése. 1. rész: Vasbeton szerkezetek
C 10	24.900	
C 16	27.400	
C 20	28.800	
C 25	30.500	
C 30	31.900	
C 40	34.500	
C 55	37.800	
Beton, nyomási rugalmassági modulus. Kísérleti eredmények		<i>Fenyves – Kausay:</i> Előregyártott közönséges és feszített vasbeton tartók betonjának rugalmassági modulusa. Építőanyag. 1982. 3. szám. p. 86-98.
E ₀ kezdeti	26.200 – 31.000	
E _b tehermentesítési	24.000 – 25.300	
E _D húr	21.800 – 25.700	
E _T érintő	16.300 – 20.200	

Az 1.5.R2. táblázat folytatódik

Az 1.5.R2. táblázat folytatása

Anyag megnevezése	Rugalmassági modulus N/mm ²	Irodalmi forrás
MŰANYAG		
Polipropilénszál Fibrin Politon (magyar)	< 18.000 6.000	<i>Magyari</i> : Az összetétel hatása... <i>Bálint</i> : Szálerősítésű betonok... <i>fib</i> konferencia-kiadvány.
Poliakril-nitrilszál (Dolanit)	17.000 – 20.000	Budapest, 1999.
Aramidzál (Poliaramidszál)	50.000 – 150.000	<i>Kausay</i> : Szálerősítésű... (2017)
NÖVÉNY		
Fa hajlító-húzási rugalmassági modulusa, rostokkal párhuzamos Hárs, nyár Erdei-, jegenye-, lucfenyő Tölgyfa Kőris, akác, vörösfenyő Nyír, bükk	7.000 – 8.000 10.000 – 10.500 11.500 12.000 – 12.500 14.000 – 14.500	<i>Palotás</i> : Mérnöki szerkezetek anyagtana. 2. kötet. 1979. p. 92.
Fa hajlító-húzási rugalmassági modulusa, rostokkal párhuzamos (az <i>n</i> nedvességtartalom függvényében)	5.555 (<i>n</i> = 26 tömeg%) átszámítva: 7.111 (<i>n</i> = 12 tömeg%)	Mérési eredmények egyike laboratóriumi gyakorlaton. (BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, <i>Kausay</i> , 2003.)
Cellulózszál	5.000 – 40.000	<i>Magyari</i> : Az összetétel hatása... <i>fib</i> konferencia-kiadvány. Budapest, 1999.
ÜVEG		
E-üveg	72.000 – 80.000	<i>Balázs L. – Polgár</i> :
AR-üveg (alkáliáknak ellenálló üveg)	78.000 – 80.000	A szálerősítésű betonok... <i>fib</i> konferencia-kiadvány. Budapest, 1999.
ÁSVÁNY		
Azbesztszál	164.000	<i>Balázs L. – Polgár</i> :
Szénszál (mesterséges)	150.000 – 300.000 máshol: 30.000 – 400.000	A szálerősítésű betonok... <i>fib</i> konferencia-kiadvány. Budapest, 1999.
Szilícium-karbidzál (SiC- szál) szál	100.000 – 400.000	

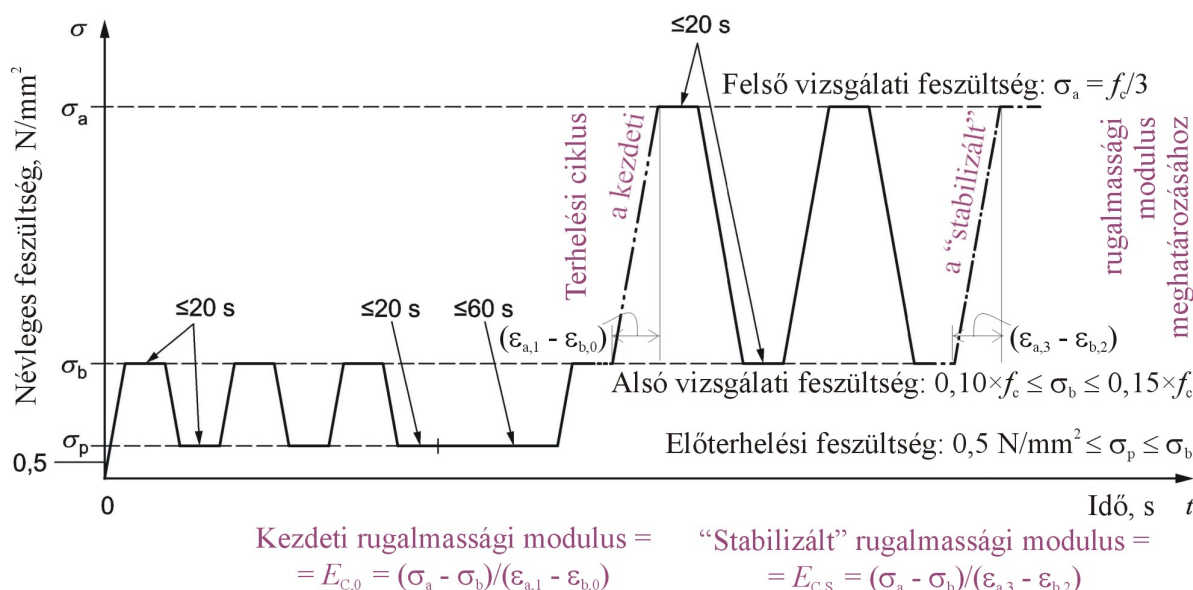
A rugalmassági modulusnak a $\Delta\sigma$ feszültség változás és a hozzá tartozó $\Delta\varepsilon$ fajlagos alakváltozás tartomány értelmezésétől függően különböző fajtái vannak. Ilyen a kezdeti rugalmassági moduluson (E_0) kívül a tehermentesítési rugalmassági modulus (E_b), az érintőmodulus (E_T) és a húrmodulus vagy szelőmodulus (E_D , E_{cm}) is, amely utóbbit alakváltozási modulusnak ($E_{\text{alakváltozási}}$) is nevezik (1.5.R13. ábra).



1.5.R13. ábra: A nyomási rugalmassági modulusok jellegének szemléltető ábrája

A beton MSZ EN 1992-1-1:2010 európai szabvány szerinti rugalmassági modulusainak fogalma, megnevezése és jelölése eltér a korábbi hazai gyakorlattól: E_c érintőmodulus, $E_{c,\text{eff}}$ kúszási tényezőtől függő alakváltozási tényező, E_{cm} szelőmodulus stb. Az E_c érintőmodulus sz MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban a kezdeti rugalmassági modulusnak megfelelő fogalom.

A beton rugalmassági modulusát az MSZ EN 12390-13:2021 szabvány szerint szelőmodulusként (angolul: secant modulus, németül: Sekantenmodul) kell értelmezni, illetve meghatározni (1.5.R14. ábra).



1.5.R14. ábra: Az egyszer, illetve háromszor terhelt betonpróbahenger vagy betonpróbahasáb σ - ε görbéje első, illetve harmadik felszálló ágából meghatározott kezdeti, illetve „stabilizált” szelőmodulusa, mint a beton rugalmassági modulusa (MSZ EN 12390-13:2021)

A régebbi szabványokban és szabályzatokban (például az MSZ 15022-1:1971 szabványban, az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, az 1967. évi Közúti Hídszabályzatban) a lassú alakváltozást nem okozó terhek alatti alakváltozások és általában a feszültségek számítása során a beton figyelembe veendő kezdeti rugalmassági modulusát a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott átlagos kockaszilárdság (K) függvényében adták meg:

$$E_{b0} = 550000 \times \frac{K}{K + 200} \left[\frac{\text{kp}^2}{\text{cm}} \right]$$

és például az 1984. évi Vasúti Hídszabályzat szerint próbaterhelés esetén lehajlás számításakor a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott kockaszilárdság jellemző értéke (R_k) függvényében a következő képlettel határozták meg:

$$E_b = 55000 \times \frac{0,9 \times R_k}{0,9 \times R_k + 20} \left[\frac{\text{N}^2}{\text{mm}} \right]$$

ahol 0,9 a hajlító-nyomószilárdság és a nyomószilárdság közötti átszámítási tényező.

Tartós terhelés esetén a kezdeti rugalmassági modulus (E_0) szerepét az „ideális” rugalmassági modulus (E_i) veszi át:

$$E_i = E_0 \times \frac{1}{1 + \varphi}$$

ahol: $\varphi = \varepsilon_{\text{kúszás}} / \varepsilon_{0,r} = (\text{kúszás}) / (\text{a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás } (\varepsilon_0) \text{ rugalmas része})$
= a kúszási tényező

Az „ideális” rugalmassági modulus *Palotás* professzor „képzelt” modulusnak nevezi (*Palotás et. al., 1980*).

A rugalmassági modulus mértékegysége: N/mm² vagy MPa (vagy régebben: kp/cm²)

Lásd még: Kockaszilárdság, Kúszás, Rugalmasság, Szelőmodulus

Rugalmassági modulus hatékony tervezési értéke

A rugalmassági modulus hatékony tervezési értékének a rugalmassági modulusnak a φ_{ef} hatékony kúszási tényezőtől függő teherbírási tervezési értékét nevezzük.

Jele: $E_{cd,eff}$, mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Lásd még: „Ideális” rugalmassági modulus, Rugalmassági modulus tervezési értéke

Rugalmassági modulus tervezési értéke

A szokványos (közönséges, normál) beton rugalmassági modulusának teherbírasi tervezési értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 5.8.6. szakaszának (3) bekezdése szerint: E_{cm}/γ_{CE} , ahol E_{cm} a beton szelőmodulusa és γ_{CE} a beton rugalmassági modulusának parciális tényezője (biztonsági tényezője), amelynek értéke általában $\gamma_{CE} = 1,2$.

Jele: E_{cd} , mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Lásd még: Szelőmodulus

Rugóállandó

A rugóállandó ($c = \Delta s/F_{rugó}$) a direkción állandó ($D = 1/c$) reciproka, ahol Δs az elmozdulás, $F_{rugó}$ a rugóerő, tehát a rugónak egységnyi erő által létrehozott megnyúlása.

Mértékegysége: m/N

Lásd még: Direkción állandó, Rugalmas energia

Rugóerő

A „lineáris” rugó Δs hosszváltozást létrehozó ereje ($F_{rugó}$). Az $F_{rugó}$ rugóerő nem konstans, hanem a rugó megfeszítése során zérusról lineárisan növekedve éri el a Δs hosszváltozáshoz tartozó $F_{rugó}$ értéket, ezért az általa végzett munka (rugalmas energia): $E_{rugó} = (Legnagyobb\ erő) \times (Hozzá\ tartozó\ út)/2$. A rugóerő mértékegysége: N

Lásd még: Rugalmas energia

S-54 szulfátálló portlandcement, S-100 mérsékelten szulfátálló cement

S-54 és S-100 a ferrocement-fajtájú hazai szulfátálló, illetve mérsékelten szulfátálló cementek jele volt.

Az S 54 (akkoriban így jelölték) szulfátálló cementet a Lábatlani Cementgyárban *Jókuthy Attila* javaslatára kísérletezték ki, és 1937 és 1997 között (a szulfátálló portlandcement MSZ 4702-4:1982 szabványát felváltó MSZ 4702-2:1997 cementszabvány bevezetéséig) gyártották eleinte a lábatlani, majd a selypi, bélapátfalvi, hejőcsabai cementgyárban is. A lábatlani kísérletek AM = 0,54 alumínát-modulus mellett adták a legkedvezőbb eredményt, amelynek a magyar szulfátálló portlandcement, mint „speciálcement” (S) a nevét (S 54) köszönheti (*Bereczky et al.*, 1970).

Gáspár Géza (1947) a MOSz 32:1935 szabvány érvénye idején megjelent könyvfejezetében (*Palotás et al.*, 1947) közölte az S 54-es cement vegyi elemzésének adatait, mely szerint annak Al₂O₃-tartalma 3,44 tömeg% és Fe₂O₃-tartalma 5,10 tömeg%, következésképpen alumínát-modulus értéke AM = 3,44/5,10 ~ 0,675 volt.

Talabér (1966) szerint az S-54 (S 54) jelű szulfátálló portlandcement Al₂O₃-tartalma mintegy 4,8 tömeg%, Fe₂O₃-tartalma mintegy 7,4 tömeg%, alumínát-modulusa mintegy AM = 0,65 volt (ez lényegében azonos az alumínium-oxid atomtömegének és a vas(II)-oxid atomtömegének hányadosával: 0,639), tehát nem érte el a megengedett legnagyobb AM = 0,7 értéket. *Révay* (2008) szerint Lábatlanban biztonságból törekedtek az AM ≤ 0,54 érték betartására, amelynek alapján a cement az „S 54” nevet kapta.

A MOSz 32:1935 portlandcement-szabvány érvényességi ideje alatt gyártott S 54 cementnek a Fővárosi Közlöny 1944. szeptember 12-i számában közzétett alkalmazási engedélye az 1.5.S1. ábrán látható. Megjegyezzük, hogy a MOSz 32:1935 és az MNOSZ 521:1950 szabvány (beleértve az 1951. évi módosítását is) szulfátállósággal, szulfátálló cementtel nem foglalkozott. Az S-54 jelű szulfátálló cementet 1956-ban (MSZ 4702:1956), az S-100 jelű mérsékelten szulfátálló cementet 1974-ben (MSZ 4702-4:1974) szabványosították.

Az egykori MOSz 32:1935 szabvány szerinti portlandcement nyersanyag-keverékét zsugorításig égették.

1944. szeptember 12.  LV. évfolyam 44. szám.

FŐVÁROSI KÖZLÖNY

BUDAPEST SZÉKESFŐVÁROS HIVATALOS LAPJA

MEGJELENIK KEDDEN VAGY PÉNTEKEN

SZERKESZTŐSÉG: IV. ker., Központi városháza, 1½ emelet 232. szám. KIADÓHIVATAL: Központi városháza, Városház-utcai rész, földszint 8. szám. — Hirdetéseket a Fővárosi Közlöny részére felvesz a kiadóhivatal, ahová a lap szétküldésére vonatkozó minden felszólalás, valamint a lakások pontos bejelentése is intézendő.

ELŐFIZETÉSI ÁR: egész évre 60 P, félévre 32 P, negyedévre 17 P, havonta 6 P. Egyes szám ára ívenként 50 fillér.

»S 54« elnevezésű cement alkalmazási engedélye.

A polgármester f. évi augusztus hó 10.-én 330.595/1944—III. szám alatt a következő véghatározatot adta ki:

A Salgótarjáni Kőszénbánya Részvénytársulat az általa gyártott és forgalomba hozott »S 54« elnevezésű cementre alkalmazási engedély megadását kérte.

A polgármesteri III. ügyosztály javaslata és a Fővárosi Közmunkák Tanácsának 2.039/2/1944. sz. előzetes hozzájárulása alapján az »S 54« elnevezésű cement alkalmazására az engedélyt megadom az alábbi kikötések mellett:

1. A Salgótarjáni Kőszénbánya Rt. lábatlani cementgyárában előállított »S54« jelű cement feleljen meg a MOSz. 32. sz. szabványban a portlandcementekre előírt minőségi feltételeknek.

2. Az Építészeti Szabályzat 377. §. 4. pontjában foglaltak nem vonatkoznak »S 54« jelű cementtel készült betoncsövekre, amennyiben azok az alábbi pontokban előírt feltételeknek megfelelnek. Az Építészeti Szabályzat 415. §. 2. pontjának b)-és c) szakaszában megadott esetekben nemcsak bauxit-cementet és traszadagolású portlandcementet, hanem »S 54« jelű cementet is szabad használni.

3. A betont csak folyami homokos kavicsból szabad készíteni. Zúzott követ alkalmazni nem szabad.

4. Ha a talajvíz szulfáttartalma literenkint 800—2.000 milligramm: a falazáshoz szabad oly

habarcsot is alkalmazni, amely 1 : 3 térfogat szerinti keverőarányval készült »S 54«-es cementtel és 0—3 % szemmagyságú folyami homokkal; szabad továbbá oly betont is alkalmazni, amelynek adalékanyaga súlyszerinti adagolással 3 részre szétrostált folyami homokos kavicsból készült, úgy, hogy az 17% 0—1 mm átmérőig terjedő szemmagyságú homokból, 38% 1—7 mm-ig terjedő szemmagyságú durva homokból és 45% 7—30 mm szemmagyságú kavicsból áll. Az ilyen összetételű homokos kavicsból készülő beton köbméterében 350 kg »S 54« jelű cementet tartalmazzon. A beton jól alakítható (plasztikus konzisztenciájú) legyen. Ha a kívánt plasztikus konzisztenciát minden kg cementre számított 0,52—0,54 liter vízzel elérni nem lehetne, a cement és víz mennyiségét a fenti arány betartásával növelni kell.

5. »S 54« jelű cementtel készült beton esetén az Építészeti Szabályzat 415. §. 2. d) pontjában előírt bitumenes szigetelőréteg elmaradhat.

6. Nagytömegű betonlapokat szabad rendes betonból is készíteni, ha a külső felülete legalább 15 cm vastagságban a 4. pontban megadott minőségű betonból készül.

7. Ez az engedély 1949. december 31.-ig érvényes, mikor annak további 5 évre való meghosszabbítását újból kell kérelmezni, de hatóságomnak jogában áll, ha annak szükségét látja, az engedélyt bármikor módosítani, vagy vissza is vonni.

Ez ellen a véghatározat ellen a kézbesítését követő naptól számított 15 napon belül a Fővárosi Közmunkák Tanácsához intézendő és hozzám előterjesztendő fellebbezésnek van helye.

1.5.S1. ábra: Az S 54 jelű szulfátálló cement 1944-1949. évekre szóló alkalmazási engedélyének megadásáról szóló, a Fővárosi Közlöny 1944. szeptember 12-i 44. számában megjelent közlemény (forrás: <https://adt.arcanum.com/hu/>) összevágott képe. Megjegyzés: Az S 54 jelű cementet gyártó Lábatlani Cementgyár és Bélapátfalvi Cementgyár a Salgótarjáni Kőszénbánya Részvénytársulat tulajdonában állt (Jenei, 1968).

A magyar S-54 jelű ferrocementtel viszonylag kis víz-cement tényező alkalmazása mellett is nagyon képlékeny habarcsot és betont lehetett készíteni, amelyek vízzárósága ennek következtében jó volt (Talabér, 1966).

A szulfátálló cementek feldolgozási módja azonos az egyéb portlandcementekével. Nagy vastartalmuk folytán sötétebb színűek, mint a tiszta, CEM I fajtájú portlandcementek (MSZ 4702:1956, visszavont szabvány), (*Palotás, 1979*).

A napjainkban a szulfátálló portlandcementek, kohósalakcementek és puccoláncementek, más néven SR-cementek összetétele és minősége az MSZ EN 197-1:2011 európai szabvány követelményeit kell kielégítse. A szulfátálló portlandcementekben (CEM I SR) a klinker trikálcium-aluminát-tartalma (C_3A) 0 vagy legfeljebb 3 tömeg% vagy legfeljebb 5 tömeg% lehet, a szulfátálló puccoláncementekben (CEM IV SR) pedig legfeljebb 9 tömeg% (MSZ EN 197-1:2011).

A mai mérsékelt szulfátálló cementek, más néven MSR-cementek összetételére és minőségi követelményeire az MSZ 4737-1:2013 magyar szabvány vonatkozik. A CEM II MSR típusú mérsékelt szulfátálló portlandcementek klinkerének aluminát-modulusa (AM) legfeljebb 1,0 legyen (MSZ 4737-1:2013). Az aluminát-modulus (AM) a klinker alumínium-oxid (Al_2O_3)- és vas-oxid (Fe_2O_3)-tartalmának hányadosa.

Lásd még: Aluminát-modulus, Duzzadásos betonkorrózió, Ferrocement, Szulfátálló cement

Sablon

Viszonylag hosszú ideig, sokszor használt forma, amelyet betonelemgyárakban és építéshelyi előregyártó-üzemekben beton, vasbeton és feszített vasbeton elemek gyártásához, laboratóriumokban habarcs- és betonpróbatestek készítéséhez használnak.

A betonpróbatestek sablonjainak alak-, méret- és egyéb követelményeit az MSZ EN 12390-1:2013 szabványban, a cementhabarcs-próbatestek sablonjának alak-, méret- és egyéb követelményeit az MSZ EN 196-1:2016 szabványban foglalták össze.

Lásd még: Zsaluzat

Salétromsav

Lásd: Ammónium-nitrogén

Samott-tégla

A samott-tégla tűzálló agyagból gyártott építőanyag. A samottgyártmányok – amelyek alumíniumszilikát alapú tűzálló kerámiák – készítése céljára legjobbak a kaolinit-tartalmú agyakok. A samottgyártmányok minősége az alapanyag minőségétől, a szemmegoszlástól, a formázástól és az égetéstől függ; alumínium-oxid-tartalmuk (Al_2O_3 -tartalmuk) 30-40 tömeg% (*Palotás et al., 1980*).

A tűzálló anyagok mintegy 75 %-a samott. Felhasználják a vas- és acélipar olvasztó- és edzőkemencéinek, továbbá fémkohászati kemencék falazatául, kazánfalazatokhoz, kerámiai-, mész-, dolomit-, cementégető kemencékhez és az üvegiparban téglák, idomtestek, olvasztótégelyek és -fazekak formájában (*Palotás et al., 1980*).

Lásd még: Acélgyártás, Kaolin, Szilikátégla

Savak

Savak a nemfémek oxidjainak vízzel és a nemfémek hidrogénnel alkotott vegyületei.

Eszerint a savaknak két csoportját lehet megkülönböztetni, az oxosavak, másnéven oxigénsavak csoportját és a hidrogénsavak csoportját.

Az *oxosavak* (oxigénsavak) a nemfém-oxidok (nem fémes elemek oxidjainak) H_2O felvételével képezhető vegyületek.

Oxosav például a szénsav: H_2CO_3

A *hidrogénsavak* a nemfémek (nem fémes elemek) hidrogén felvételével képezhető vegyületek, de nem minden hidrogént felvett nemfém savas kémhatású.

Hidrogénsavak képzésére a halogén elemek képesek.

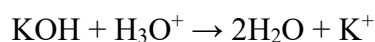
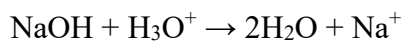
Hidrogénsav például a sósav: HCl.

Lásd még: Oxosavak, Hidrogénsavak, Bázisok

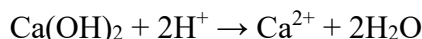
Savak okozta betonkorrozio

Mind a szerves (szerves), mind a szerves savak a beton oldódásos korrózióját okozzák, és ez a folyamat vasbeton esetén az acélbetétek tönkremenetelét is előkészíti. A betonok oldódásos korróziójáról például a Vasbetonépítés című folyóirat XIX. évf. 2017. évi 3. számában (Balázs L. et al., 2017) és a XXI. évf. 2019. évi 3. számában (Balázs L. et al., 2019) lehet a szerző tollából olvasni.

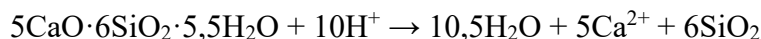
Szerves (szerves) savakból – mint például a sósav (HCl), kénsav (H₂SO₄) és salétromsav (HNO₃) – származó oxóniumion (H₃O⁺) jelenlétében mindenekelőtt a beton cementkövének alkáliái, így a nátrim-hidroxid (NaOH) és a kálium-hidroxid (KOH) vesztik el lúgos kémhatásukat (neutralizálódnak → semlegessé válnak), és ezáltal a cementkő mintegy pH = 13 értéke pH = 12 értékre esik (Haist et al., 2011):



Az alkáliák neutralizálódását követően a cementkő szabad kalcium-hidroxidja (portlandit, Ca(OH)₂) oldódik fel, amely pH = 12 érték alatt kémiaiilag már nem stabil. A kalcium-hidroxid és a protonok (H⁺) reakciója a pórusvízben kalciumionokat szabadít fel (Haist et al., 2011):

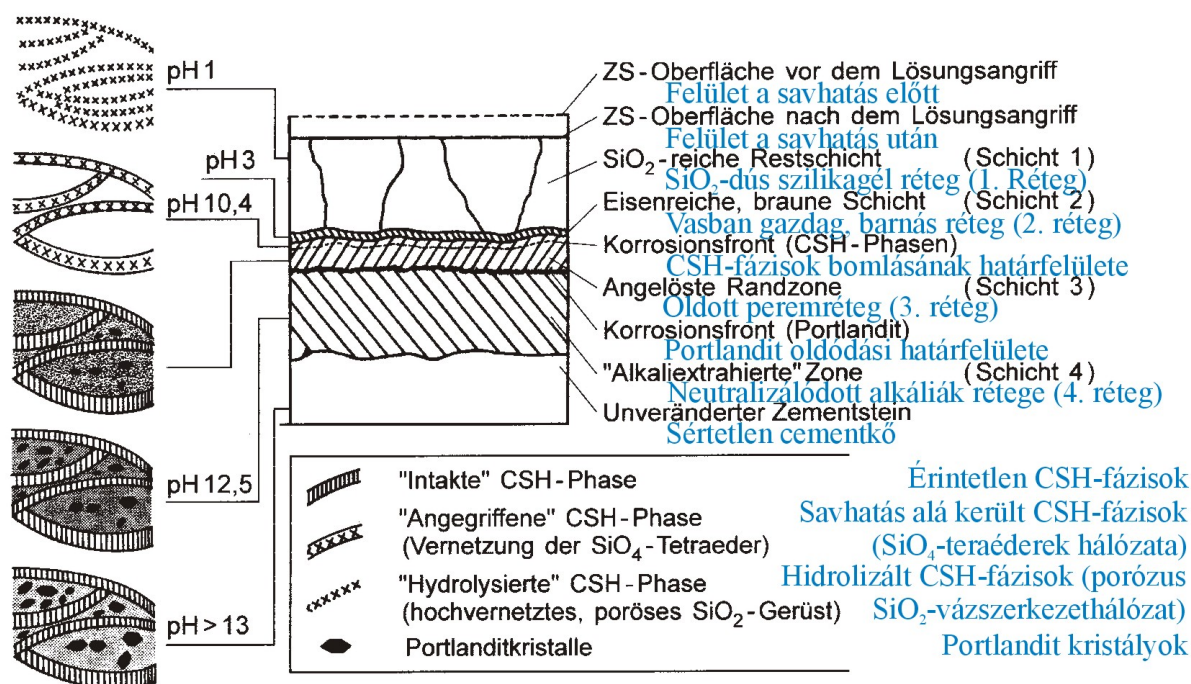


Ezután a cementpép aluminát-hidrát fázisai, valamint mono- és triszulfát fázisai is kioldódnak a cementkőből. Savhatásra a cementkő azért veszti el a szilárdságát, mert a kalcium-szilikát-hidrát fázisok mintegy pH = 10 érték alatt a sav protonjaival reagálva nagyon kis szilárdságú, szilícium-dioxidban (SiO₂) gazdag, de viszonylag tömött, a diffúzióval szemben kevésbé átjárható gél, úgy nevezett szilikagél réteget (szilika zónát) képeznek (Haist et al., 2011), (Steiner, 2011):



Ez a gél mindaddig, ameddig például le nem kopik, lassítja a sav behatolását a betonba, ugyanúgy, mint a nagy szulfát-tartalmú kénsav hatására a beton felületén képződő gipszréteg.

Az 1.5.S2. ábra G. Herold (1999) disszertációja alapján a cementkő savhatás okozta változásait szemlélteti. A savval érintkezett cementkő felületét az említett SiO₂-dús szilikagél réteg (vagy gipszréteg) fedi, amely hatékonyan gátolja a sav további behatolását betonba (1. réteg). Ennek a rétegnek a diffúziós ellenállása $D = 2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$. A szilikagél réteg alatt az Fe(OH)₃ kiválásából adódóan vasban gazdag, barnás színű réteg fekszik (2. réteg). A pH-érték ebben a nagyon vékony sávban nagyon erősen változik, a savas közeg pH-értékéről (mintegy pH = 1,0) mintegy pH = 10 feletti értékekre emelkedik. Az ez alatt található 3. réteg a tényleges korróziós felület, amelyben a CSH-fázisok (5CaO·6SiO₂·5,5H₂O, lásd a fenti egyenlet) bomlanak el (Haist et al., 2011).



Forrás:

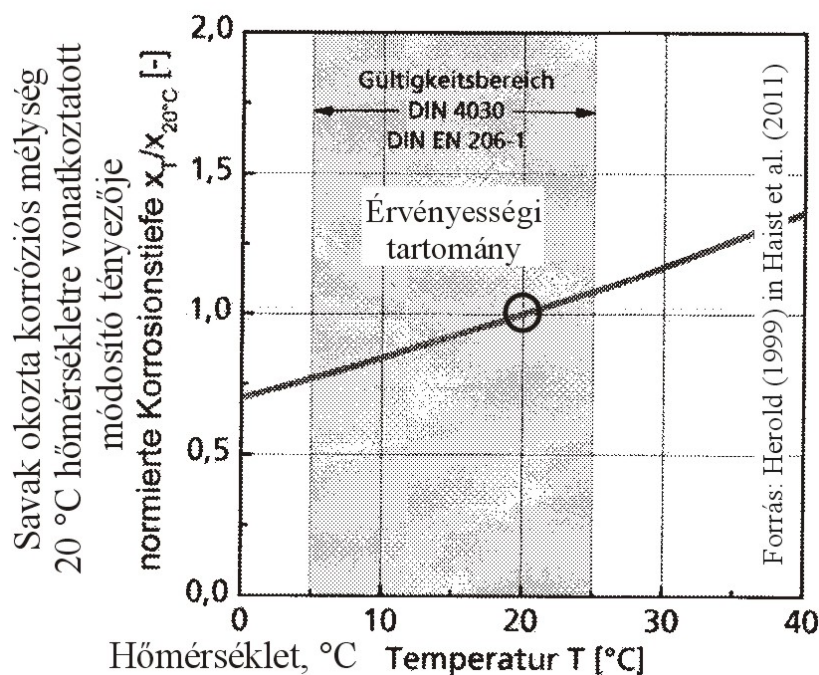
Haist, M. - Müller, H. S.: "Widerstandfähige Betonkonstruktionen unter Chemischen Angriff". KIT Symposium. Karlsruhe, 2011. pp. 1-10.
 (Herold, G.: "Korrosion zementgebundener Werkstoffe in mineralischen Wässern". Dissertation, Universität Karlsruhe, Schriftenreihe des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie. Heft 36. 1999. után)

1.5.S2. ábra: A pH = 1 hidrogénion-koncentrációjú szervesen savak hatása alá került cementkő szövetszerkezete állapotának vázlata. Forrás: Herold (1999) in Haist et al. (2011)

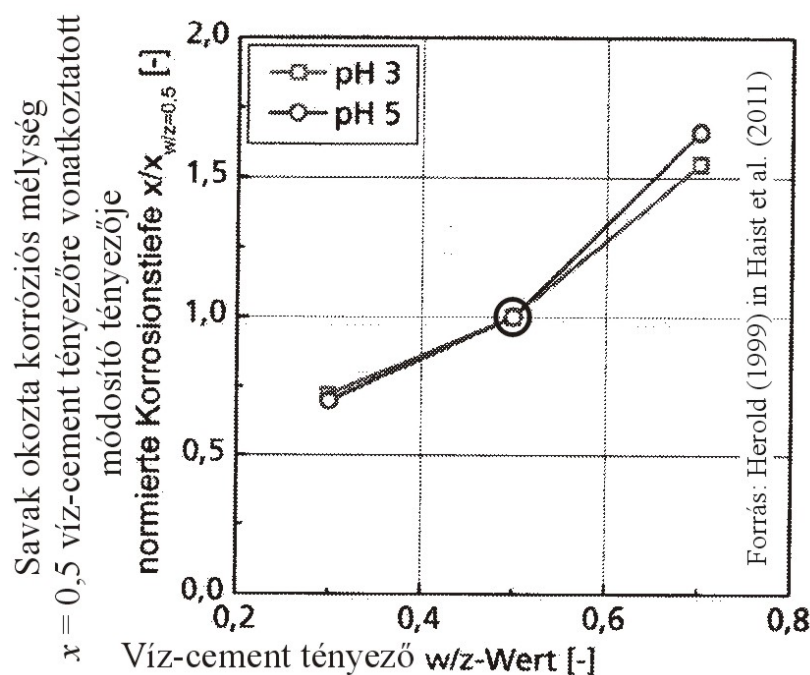
M. Haist és H. S. Müller (2011) cikkében G. Herold (1999) disszertációjára hivatkozva szerepelteti a beton és a cementkő különböző pH-értékű savak hatására, az idő függvényében várható korróziós mélységeinek összefüggéseit (1.5.S1. táblázat), valamint szemlélteti a hőmérsékletnek az Arrhenius-féle betonszilárdulási modell alapján becsült hatását (1.5.S3. ábra) és a CEM I fajtájú portlandcementtel készített beton víz-cement tényezőjének becsült hatását (1.5.S4. ábra) a relatív korróziós mélységre.

1.5.S1. táblázat: Korróziós mélység a szervesen sav pH értékének függvényében CEM I portlandcementtel készült, 0,5 víz-cement tényezőjű beton és cementkő esetén, 20 °C hőmérsékleten. Forrás: Herold (1999) in Haist et al. (2011)

pH	A korrózió várható mélysége, x, cm	
	Beton	Cementkő
1	$x = 0,0014 \times \sqrt{t} + 9,6 \times 10^{-7} \times t$ Egy év esetén: $x = 1,52$ cm	$x = 0,0022 \times \sqrt{t} + 4,66 \times 10^{-6} \times t$ Egy év esetén: $x = 4,04$ cm
3	$x = 0,0002 \times \sqrt{t} + 1,42 \times 10^{-7} \times t$ Egy év esetén: $x = 0,22$ cm	$x = 0,0003 \times \sqrt{t} + 3,38 \times 10^{-7} \times t$ Egy év esetén: $x = 0,40$ cm
5	$x = 0,071 \times 10^{-3} \times t^{0,5762}$ Egy év esetén: $x = 0,14$ cm	$x = 17,18 \times 10^{-5} \times t^{0,5430}$ Egy év esetén: $x = 0,22$ cm
7	—	$x = 9,8 \times 10^{-5} \times t^{0,5006}$ Egy év esetén: $x = 0,07$ cm
Megjegyzés: Az idő (t) mértékegysége: perc Egy év = $60 \times 24 \times 365 = 525600$ perc		



1.5.S3. ábra: A hőmérséklet hatása a szervesen savak okozta korróziós mélységre, a 20 °C hőmérséklethez tartozó korróziós mélységre vonatkoztatva. Forrás: Herold (1999) in Haist et al. (2011)



1.5.S4. ábra: A víz-cement tényezőnek és a szervesen savak pH-értékének hatása a beton korróziós mélységére 20 °C hőmérsékleten, a CEM I portlandcementtel készült, $x = 0,5$ víz-cement tényezőjű beton korróziós mélységére vonatkoztatva. Forrás: Herold (1999) in Haist et al. (2011)

Herold (1999) a cementek savhatással szembeni korrózióállóságát az úgy nevezett K savellenállási-modulussal (németül: Korrosionswidertandswert) jellemezte:

$$K = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

A K savellenállási-modulus a cement savaknak ellenálló oxidos összetevőinek és oldódó oxidos összetevőinek tömegaránya. Az őrlött granulált kohósalak-, vagy puccolán-, vagy pernye-, vagy szilikapor-tartalmú cementek savellenállási modulusa a tiszta portlandcementek $K = 0,5$ értékű savellenállási-modulusánál jelentősen nagyobb.

A beton biogén savkorrózióját általában a szulfátredukáló baktériumok anyagszertevekenységének tulajdonítják. Oxigén hiányában ezek a baktériumok gyenge savhatású kénhidrogént (H_2S) termelnek. A kénhidrogén gáz, amely kéntartalmú szénvegyületek

(fehérjék) rothadásakor képződik, önmagában (levegőtől elzártan, vasbetontartályban) nem káros a betonra. Oxigén jelenlétében, illetve nedvesség hatására azonban a kénhidrogén korrozív kénsavvá (H_2SO_4) alakul, amely erősen támadja a betont; és ez a beton tömörségétől, nedvességtartalmától függően a beton kapillárisaiban is lejátszódhat (*Haist et al., 2011*). A szennyvizekkel érintkező vasbetonszerkezetek betonját, és ezáltal az acélbetéteket is, ez a *biogén kénsav* okozta korrózió veszélye fenyegeti. A szennyvíz csatorna stb. oxigén hiányos részén élő anaerob baktériumok a szennyvízben oldott szulfátionokat (SO_4^{2-}) kénhidrogénné (H_2S) redukálják, amelyet a csatorna falán a biofilmben élő aerob baktériumok (thiobacilusok) oxigén jelenlétében szulfátiónná (SO_4^{2-}), illetve a betonra és az acélbetétre erős korrozív hatású kénsavvá (H_2SO_4) oxidálnak.

A biogén kénsav és a szerves kénsav okozta korrózió folyamata lényegében egyformán zajlik le, de a biogén kénsav korróziós hatása erősebb, mint a szerves kénsavé. A baktériumok és gombák a kénsav mellett szerves savakat, például ecetsavat (CH_3COOH), vajsavat ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$), tejsavat ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) és oxálsavat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) is termelnek, és ezzel a korróziót gyorsítják. A gombák mindemellett a beton karbonátosodási sebességét is növelik (*Haist et al., 2011*).

A *hígrágya-tárolókban* és az erjedő *mezőgazdasági termények silóiban* képződő szerves savak – mint például az ecetsav (CH_3COOH), a vajsav ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$), a propánsav (propionsav, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), a tejsav ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$), az oxálsav ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) – olykor a szerves savaknál is erősebben veszélyeztetik a beton és az acélbetét épségét (*Haist et al., 2011*), (*Steiner, 2011*), (*Erdélyi et al., 2018*).

A *hígrágya-tárolókban* a szerves savak mellett szerves salétromsav (HNO_3) és esetleg kénsav is képződhet. A trágyalé hatása – annak ellenére, hogy viszonylag nagy, pH = 6-8 értéke van – egyenértékű az erős savak hatásával (*Haist et al., 2011*).

A talajon fekvő vasbeton mobil mezőgazdasági *takarmánysilók* (németül: *Fahrsilo*, DIN 11622-5:2015) falát és padlólemezét az állati takarmány erjedéséből származó, 4-5 pH értékű fermentlé (németül: *Gärsaft*) veszi kémiai erősen igénybe, amelyet a ki- és berakodás elkerülhetetlen mechanikai hatása csak fokoz. Mivel a kis pH-értékű folyadékok ellen védő saválló beton nem létezik, a takarmánysilók betonfelületeit saválló és repedésáthidaló bevonatokkal kell védeni a korróziótól. (*Steiner, 2011*)

Hazai tapasztalatok szerint az erős savhatás elleni védekezésben – például vasúti kocsimosók pályalemezei, veszélyes hulladéktároló zárványelemek, szennyvízcsatornák, -aknák, -medencék, sósavtartály-kármentők, faanyagszárító csarnokok csersavgőzzel, illetve kondenzátumával (tannin, $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_9$) érintkező betonfelületei (*1.5.S5. ábra*) stb. esetében – elsősorban megfelelő kétkomponensű furángyanta-tartalmú bevonattal (*Kausay, 1989*), (*1.5.S6. ábra*) vagy vízüveg-izocianát alapú, úgy nevezett 3P műgyanta bevonattal lehet jó eredményeket elérni (*Nagy G., 2004*), (*Engel, 2004*).



1.5.S5. ábra: Faanyagszárító csarnok szulfátálló cementes bevonatú aljzatbetonjának károsodása csersavgőz, illetve kondenzátuma hatására



1.5.S6. ábra: Folyékony műtrágya üzem vasúti anyagfogadó és teherkocsimosó iparvágánya furángyanta-tartalmú bevonattal

A savakkal érintkező betonokat az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba kell sorolni (lásd *könyvünk 10. fejezetét*).

A betonok savállóság vizsgálatának módszereit a német DAfStb Heft 620. helyzetértékelő jelentésben *Gerlach* és szerzőtársai (*Gerlach et al., 2016*) tárgyalják, valamint olvashatunk róluk a „Chemischer Angriff auf Beton. Prüfverfahren zur Bewertung des Säurewiderstands von Beton” című 41. számú DBV füzetben (DBV Merkblatt, 2017), amellyel *könyvünk „Saválló beton és vizsgálata”* szócikkében foglalkozunk.

További hasznos olvasmány a 2014-ben megjelent „Chemischer Angriff auf Betonbauwerke. Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien” című és a 2017-ben megjelent „Chemischer Angriff auf Beton. Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung” című DBV Merkblatt.

Lásd még: Acélbetét korróziója, *Arrhenius*-féle betonszilárdulási modell, Oldódásos betonkorrózió, Saválló beton és vizsgálata, Savassági fok, Szilika

Savak visszamaradt része

A savaknak a

- hidrogén atomok (H) nélküli részét savmaradéknak,
- hidroxil-csoportok (-OH) nélküli részét savgyökeknak,
- vízmolekula (H₂O) nélküli részét savanhidridnek

nevezzük. Például a kénsav (H₂SO₄) savmaradéka: SO₄²⁻ (szulfátió), savgyöke: SO₂⁻, savanhidridje: SO₃ (kén-trioxid). A savmaradék voltaképpen az ionos állapotban lévő sav anionja.

A hidrogénsavaknak összetételüknél fogva nincs sem savgyöke, sem savanhidridje, csak savmaradéka. Például a sósav (HCl) savmaradéka a klórion: Cl⁻.

Lásd még: Savak

Savanhidrid

A savanhidrid (anhidrid: vízmentes) a nemfémek (nem fémek) oxidja, más szóval a savak vízmolekula nélküli része. A szénsav (H_2CO_3) savanhidridje például a szén-dioxid: CO_2 . A halogén elemek savjainak nincs anhidridjük.

Lásd még: Bázisanhidrid

Savanyú só

Savanyú sót akkor kapunk, ha több vegyértékű savmaradékot tartalmazó sav (például kénsav: H_2SO_4) közömbösítésére kevesebb bázist (például nátrium-hidroxidot: NaOH) használunk, illetve áll rendelkezésre, mint amennyi a teljes telítéshez szükséges volna. Savanyú só például a nátrium-hidrogén-szulfát, más néven nátrium-hidroszulfát: NaHSO_4 . A savanyú sók bázissal tovább telíthetők (Gróh, 1940).

Lásd még: Bázisok, Savmaradék

Savanyú pernye, savas jellegű pernye

Angolul: Siliceous fly ash

Németül: Kieselsäurereiche Flugasche

A savanyú pernye a kőszén tüzelésű erőművek égési maradéka, finom, főképp gömbalakú, gyakran üvegszerű (amorf) szemekből álló, puccolános tulajdonságú por. A savanyú pernye üvegtartalma – amelyre a követelmény 80 tömeg% – az égetési hőmérséklettől függ; nagyhőmérsékletű égetéssel olyan pernye nyerhető, amely mintegy 95%-ban üvegszerű (amorf) szemből áll. (Stark et al., 2013)

A hőerőművekben használt kőszén általában 80-95 tömeg% szenet, 5-20 tömeg% ásványi anyagot és 0,5-2 tömeg% kén tartalmaz. A szenet porrá őrlik, és előmelegített levegővel égőkön keresztül a kazán tűzterébe fújják. Az áramló füstgáz az olvadt szénrészecskéket magával ragadja, és a többlépcsős elektrosztatikus szűrőhöz (elektrofilterhez) továbbítja, amely a 0,1-400 μm közötti szemnagyságú, 2000-6000 cm^2/g közötti Blaine-féle fajlagos felületű szemekből álló kőszénpernyét leválasztja. Korszerű, 700 megawatt teljesítményű tüzelőberendezéssel az elégetett kőszén hamutartalmától függően naponta akár 1000 tonna savanyú pernye is előállítható (Stark et al., 2013). A barnaszén (lignit) körülbelül háromszor annyi pernyét (mintegy 63 gramm) termel kilowattóránként, mint a kőszén (mintegy 20 gramm). (<https://de.wikipedia.org/wiki/Flugasche>)

A savanyú pernyét, kőszénpernyét (németül: Steinkohlenflugasche, SFA) többnyire reakcióképes szilícium-dioxid (legalább 25 tömeg% SiO_2) és alumínium-oxid (Al_2O_3), valamint kevés vas(III)-oxid (Fe_2O_3) és más összetevő alkotja. A kőszénpernye kémiai összetétele a következő: 40-55 tömeg% SiO_2 , 23-35 tömeg% Al_2O_3 , 5-17 tömeg% Fe_2O_3 , 3-6 tömeg% alkáliák, 1-8 tömeg% CaO , 0,8-4,8 tömeg% MgO , 0,1-3,0 tömeg% SO_3 és 0,1 tömeg% Cl . (Benedix, 2008), (Stark et al., 2013)

Az MSZ EN 450-1:2013 szabvány szerint a II. típusú kiegészítőanyagként betonba alkalmazandó pernye SiO_2 -, Al_2O_3 - és Fe_2O_3 -tartalmának összege nem lehet kevesebb, mint 70 tömeg%.

A cementgyártáshoz használt savanyú pernye reakcióképes (aktív) mész (kalcium-oxid, CaO)-tartalma legfeljebb 10 tömeg%, és szabad mész (kalcium-oxid, CaO)-tartalma legfeljebb 1,0 tömeg% legyen, illetve legfeljebb 2,5 tömeg% legyen, feltéve, hogy a 30 tömeg% pernyét és 70 tömeg% referencia cementet tartalmazó pépen az MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerinti Le Chatelier-féle gyűrűvel meghatározott tárgulás (duzzadás) nem nagyobb, mint 10 mm. A savanyú pernye jele: V. (MSZ EN 197-1:2011)

A II. típusú kiegészítőanyagként betonba alkalmazandó pernye szabad mésztartalmát (jele: W_{CaO} → weight of CaO in dehydrated sample = a szabad CaO tömeg%-ban kifejezett

mennyisége a kiszáritott pernyemintában), értsd alatta a szabad kalcium-oxid-tartalmat (németül: Freier Kalkgehalt, freier Calciumoxidgehalt), amelyet oldható mésztartalomnak (németül: Löslicher Freikalkgehalt) is neveznek, az MSZ EN 451-1:2017 szabvány szerint kell megmérni. Ha a szabad kalcium-oxid-tartalom nagyobb, mint 1,5 tömeg%, akkor meg kell vizsgálni, hogy a térfogatállandóság fenti megengedett legfeljebb 10 mm-es duzzadás követelménye teljesül-e. (MSZ EN 450-1:2013 szabvány 5.2.5. szakasza)

Hüttl (2000) említést tesz a pernye szabad mésztartalma meghatározásának Franke-féle (1941) módszeréről, amellyel a szabad mésztartalomtól kívül a kalcium-hidroxid-tartalom is meghatározható. A Franke-féle módszerrel a mintából a kalcium-hidroxidot ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) etil-acetoacetát-izobutanol oldattal oldják ki; az eljárás mintegy 12%-kal nagyobb eredményt ad, mint a termogravimetriás (TG) eljárás.

Az MSZ EN 197-1:2011 cementszabvány 3.1. szakasza szerint a *reakcióképes kalcium-oxid* (*reakcióképes mésztartalom*) a cementben lévő kalcium-oxidnak (CaO) az a része, amely szokásos szilárdulási viszonyok között kalcium-szilikát-hidrátokat vagy kalcium-aluminát-hidrátokat képez. Ennek a mennyiségnek a meghatározásához az összes kalcium-oxid-tartalmat (lásd az MSZ EN 196-2:2013 szabványt) csökkenteni kell azzal a kalcium-oxid mennyiséggel, amely a szén-dioxid-tartalom (CO_2) mérésével (lásd az eredetileg hivatkozott, visszavont MSZ EN 196-21:1992 szabvány helyett az érvényes MSZ EN 196-2:2013 szabványt) kalcium-karbonátként (CaCO_3), valamint azzal a kalcium-oxid mennyiséggel, amelyet a szulfát- (SO_3)-tartalom (lásd az MSZ EN 196-2:2013 szabványt) mérésével kalcium-szulfátként (CaSO_4) határozzuk meg, az alkáliákban kötött SO_3 levonása után.

A II. típusú kiegészítőanyagként betonba alkalmazandó pernye *reakcióképes (aktív) mésztartalmát* (reakcióképes CaO -tartalmát) az MSZ EN 450-1:2013 szabvány 5.2.6. szakasza szerint az MSZ EN 197-1:2011 szabvány 3.1 szakasza alapján kell megadni, és az nem lépheti túl a 10 tömeg% értéket. Ha a betongyártási pernyének az MSZ EN 196-2:2013 szabvány 13. szakasza szerint meghatározott összes kalcium-oxid-tartalma a 10,0 tömeg%-ot nem haladja meg, akkor a reakcióképes kalcium-oxidra vonatkozó követelmény teljesítettnek tekintendő. (MSZ EN 450-1:2013 szabvány 5.2.6. szakasza)

Lásd még: Bázikus pernye, Mész-modulus, Pernye

Savas eső

A savas eső két, egymástól nehezen elhatárolható folyamat, a természeti változások és az emberi (antropogén) tevékenység hatására jön létre. A gyengébb hatást a szén-dioxidból (CO_2) képződő szén-sav (H_2CO_3) fejt ki, amely a csapadék (eső és hó) hidrogénion-koncentrációját mintegy $\text{pH} = 5,6$ értékre csökkenti, amelyet általában a tiszta és a savas eső savassága határának is szoktak tekinteni. A nagyrészt emberi tevékenységgel a légkörbe juttatott kénsav (H_2SO_4) és salétromsav (HNO_3) akár $\text{pH} = 2,4$ értékű savasodást is okozhat. A kénsav kén-dioxid (SO_2) kibocsátásból (például kén tartalmú ércek kohósítása, kőolaj és szén égetés, belső égésű motorok stb.), a salétromsav nitrogén-dioxid (NO_2) kibocsátásból (például salétromsav-gyártás) keletkezik. Az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen 1997-ben készült tanulmány (<http://kation.elte.hu/tantov97/7/savaseso.htm>) szerint Magyarországon a savas esők nagyobb hányadának hidrogénion-koncentrációja $\text{pH} = 3,8-5,5$ érték közé esik, így Magyarország Európában savas esővel közepesen szennyezett területnek számít, illetve számított. A savas esők országos átlagos pH -értéke 1997-ben 4,6 volt. Környezeti hatásukat illetően ugyanakkor figyelembe veendő, hogy a savas esők időszakosan hatnak, ezért a velük érintkező betont általában elegendő az XA4(H) környezeti osztályba sorolni. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2015. májusi mérése szerint Magyarországon az esők (nem a savas esők) átlagos pH -értéke 5,5-6,5 közé esett.

Lásd még: Esővíz

Savassági fok

A savassági fok a talajok kémhatásának az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016 szabványban szereplő jellemzője, amelyet az MSZ EN 16502:2015 szabvány szerinti *Baumann-Gully*-féle módszerrel kell meghatározni. A *Baumann-Gully*-féle savassági fok irodalmi forrása: *Gessner* (1928).

Ha az MSZ EN 16502:2015 szabvány szerinti *Baumann-Gully*-féle savassági fok > 200 ml/kg, akkor a betont az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint az XA1 környezeti osztályba kell sorolni. Ez utóbbi szabványok szerint a gyakorlatban nem fordul elő, hogy a *Baumann-Gully*-féle savassági fok miatt a beton az XA2 vagy XA3 környezeti osztályba esik.

A *Baumann-Gully*-féle savassági fok MSZ EN 16502:2015 szabvány szerinti vizsgálati módszere a német DIN 4030-2:2008 vizsgálati szabványon alapul, amely utóbbi DIN 4030-2:2021 Entwurf jelzetű helyettesítő változatát 2021 novemberében véleményezésre közzétették. A DIN 4030-2:2021 Entwurf szabványtervezet közreadásával a DIN 4030-2:2008 szabvány csak annyiban módosult, hogy:

- a) a B mellékletben szereplő környezeti osztályok elnevezését hozzáigazították a környezeti osztályok DIN EN 206, illetve a DIN 1045-2 szabvány (az utóbbi napjainkban érvényes változata: DIN 1045-2:2022 Entwurf¹⁸⁰) szerinti megnevezéséhez;
- b) a *Baumann-Gully*-féle savassági fok vizsgálatának leírását a DIN EN 16502 szabványra való hivatkozással váltották fel.

A DIN 4030:1969 (Beton-Kalender 1972. I. kötet. pp. 1162-1174.), a DIN 4030-2:1991 (Technische Baubestimmungen, Beuth Verlag GmbH. 2018. DVD) és DIN 4030-2:2008 (Technische Baubestimmungen, Beuth Verlag GmbH. 2018. DVD) szabványban az irodalmi hivatkozás (*Gessner*, 1928) mellett az áll, hogy a *Baumann-Gully*-féle savassági fok a kicserélhető hidrogénion-tartalom mértéke, amelyet talaj humusz-összetevői leadni képesek. Az előkészített, 0,09-2,00 mm közötti szemmagyságú talajminta 100 g-ját 200 ml 1,0 mol/liter töménységű c(CH₃COONa) nátrium-acetát-oldattal elegyítjük, és 1 órán át rázzuk vagy keverjük. Az ioncsere eredményeként ecetsav (CH₃COOH) keletkezik. A szuszpenziót száraz redős szűrőn utólagos mosás nélkül átszűrjük. A szűrlet egy aliquot részét (lemért mennyiségű anyag pontosan ismert hányadát) nátrium-hidroxiddal fenolftalein indikátor jelzőfolyadék mellett titráljuk. A *Baumann-Gully* savasság mértéke az ecetsav semlegesítésére használt 0,1 mol/liter töménységű nátrium-hidroxid-oldat (nátronlúg, NaOH + H₂O) ml/(légszáraz talaj kg) mértékegységben kifejezett mennyisége.

Az MSZ EN 16502:2015 szabvány szerint a *Baumann-Gully*-féle savassági fok a talaj humusz-összetevőiből felszabaduló kicserélhető hidrogénionok koncentrációjának kifejezője. Az eljárás szerint az előkészített és általában 40 °C, legfeljebb 105 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított, 2 mm szemmagyság alatti talajmintához 1,0 mol/liter töménységű nátrium-acetát-

¹⁸⁰ A DIN 1045-2:2022 Entwurf szabványtervezet megjelenésével a német betonszabvány lényeges változásai a DIN 1045-2:2008 szabvány és a DIN-Fachbericht 100:2010 műszaki jelentéshez képest a következők:

- a) A nemzeti követelményt hozzáigazították a DIN EN 206:2021-06 szabványhoz;
- b) A szabvány szövegét egységesítették a DIN EN 206:2021-06 szabvány szövegével;
- c) Három betonosztályt (BK-N, BK-E és BK-S) határoztak meg az E DIN 1045-1000:2022-07 szabványtervezet szerinti betonépítési minőségi osztályok (BBQ → Betonbauqualitätsklassen) eszméjének (konceptiójának) alkalmazásához; ahol N = normales Anforderungsniveau (szokványos követelményszint), E = erhöhtes Anforderungsniveau (emelt követelményszint), S = spezielle Festzulegendes Anforderungsniveau (különleges követelményszint).
- d) E szabványba átvették a DAfStb-Richtlinie „Anforderungen an Ausgangsstoffe zur Herstellung von Beton” („Követelmények a betongyártás alapanyagaira”) című műszaki irányelvben szereplő követelményeket.

oldatot ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) kell adni, és titrálassal meg kell határozni a keletkező ecetsav (CH_3COOH) semlegesítéséhez szükséges, 0,1 mol/liter töménységű nátrium-hidroxid-oldat (nátronlúg, $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$) térfogatát, amelynek ml/kg mértékegységben megadott fajlagos értéke a *Baumann-Gully*-féle savassági fok.

A DIN 4030-2:2008 vizsgálati szabványhoz kapcsolódik a betont megtámadó vizek, talajok és gázok minősítésének alapelveit és határértékeit tárgyaló DIN 4030-1:2008 szabvány, amely utóbbi tartalmát a DIN 4030-1:2021 Entwurf szabványtervezettel csak a tengertorkolati folyami vizek és brakkvizek (tengervizek és édesvizek csökkent sótartalmú elegyei) DIN EN 206 és DIN 1045-2 szabvány szerinti környezeti osztályokba sorolásával módosították.

A DIN 4030-1:2008 szabványban olvashatjuk, hogy a savas vizek – ha pH-értékük kisebb, mint 6,5 – oldhatják a beton cementkővét és a karbonátos kőanyagokat. A leggyakrabban előforduló savak és savképzők az ásványi savak, mint például a kénsav (H_2SO_4), a sósav (HCl), a salétromsav (HNO_3), a szénsav (H_2CO_3), valamint a hidrogén-diszulfid (H_2S_2), a kén-dioxid gáz (SO_2), a hidrogén-klorid gáz (HCl), a szerves savak és a huminsavak.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata – beleértve a talajok *Baumann-Gully*-féle savassági fokának követelményét is – teljesen megegyezik a DIN 4030-1:2008 szabvány 4. táblázatával (1.5.S2. táblázat), sőt értékei megtalálhatók a DIN 4030-1:2008 szabvány előzményeiben, így a visszavont DIN 4030-1:1991 szabvány 4., illetve 5. táblázatában (1.5.S3. és 1.5.S4. táblázat) és a még régebbi DIN 4030:1969 szabványban is. A német szabványok szerint a talajok *Baumann-Gully*-féle savassági fokának fogalma még ezeknél is sokkal korábbi keletű (*Gessner*, 1928).

1.5.S2. táblázat: A természetes talajok és talajvizek kémiai hatásának kitett betonok környezeti osztályának – az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatával megegyező – táblázata a DIN 4030-1:2008 szabványban, amelynek értékeit a DIN 4030-1:2021 Entwurf szabványtervezettel nem módosították

Tabelle 4 — Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliche Böden und Grundwasser

Chemisches Merkmal	Referenzprüf-Verfahren nach	XA1	XA2	XA3	
Grundwasser					
1	SO ₄ ²⁻ mg/l	DIN EN 196-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 6 000
2	pH-Wert	ISO 4316	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
3	CO ₂ mg/l angreifend	DIN EN 13577:2007	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis zur Sättigung
4	NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1: 1984	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
5	Mg ²⁺ mg/l	DIN EN ISO 7980	≥ 300 und ≤ 1 000	> 1 000 und ≤ 3 000	> 3 000 bis zur Sättigung
Boden					
6	SO ₄ ²⁻ mg/kg ^a insgesamt	DIN EN 196-2 ^b	≥ 2 000 und ≤ 3 000 ^c	> 3 000 ^c und ≤ 12 000	> 12 000 und ≤ 24 000
7	Säuregrad	DIN 4030-2	> 200 Bauman-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

^a Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10⁻⁵ m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

^b Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO₄²⁻ durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf statt dessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

^c Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton - zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen - besteht, ist der Grenzwert von 3 000 mg/kg auf 2 000 mg/kg zu vermindern.

Tabelle 4. Grenzwerte zur Beurteilung des Angriffsgrades von Wässern vorwiegend natürlicher Zusammensetzung

	1	2	3	4
	Unter- suchung	Angriffsgrad		
		schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
1	pH-Wert	6,5 bis 5,5	< 5,5 bis 4,5	< 4,5
2	kalklösende Kohlen- säure (CO ₂) mg/l (Marmor- löseversuch nach Heyer [4])	15 bis 40	> 40 bis 100	> 100
3	Ammonium (NH ₄ ⁺) mg/l	15 bis 30	> 30 bis 60	> 60
4	Magnesium (Mg ²⁺) mg/l	300 bis 1000	> 1000 bis 3000	> 3000
5	Sulfat ¹⁾ (SO ₄ ²⁻) mg/l	200 bis 600	> 600 bis 3000	> 3000
¹⁾ Bei Sulfatgehalten über 600 mg SO ₄ ²⁻ je l Wasser, ausgenommen Meerwasser, ist ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS) zu verwenden (siehe DIN 1164 Teil 1/03.90, Abschnitt 4.6 und DIN 1045/07.88, Abschnitt 6.5.7.5).				

1.5.S3. táblázat:

A természetes vizek kémiai agresszivitása fokának határértékei a DIN 4030-1:1991 szabványban.

A betonok – a talajvizek okozta kémiai korrózió miatti – környezeti osztályainak az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában szereplő határértékei megegyeznek a DIN 4030-1:1991 szabvány 4. táblázatában található határértékekkel.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint a betonokat a DIN 4030-1:1991 szabványban a vizek gyengén agresszív fokúnak (schwach angreifend) nevezett kémiai hatása esetén az XA1 környezeti osztályba, a vizek erősen agresszív fokúnak (stark angreifend) nevezett kémiai hatása esetén az XA2 környezeti osztályba és a vizek nagyon erősen agresszív fokúnak (sehr stark angreifend) nevezett kémiai hatása esetén az XA3 környezeti osztályba soroljuk.

Tabelle 5. Grenzwerte zur Beurteilung des Angriffsgrades von Böden

	1	2	3
	Untersuchung	Angriffsgrad	
		schwach angreifend	stark angreifend
1	Säuregrad nach Baumann-Gully [5] in ml je kg luft-trockenen Bodens	> 200	—
2	Sulfat ¹⁾ (SO ₄ ²⁻) in mg je kg luft-trockenen Bodens	2000 bis 5000	> 5000
¹⁾ Bei Sulfatgehalten über 3000 mg SO ₄ ²⁻ je kg luft-trockenen Bodens, ist ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS) zu verwenden (siehe DIN 1164 Teil 1/03.90, Abschnitt 4.6, und DIN 1045/07.88, Abschnitt 6.5.7.5).			

[5] Gessner, H.: Vorschrift zur Untersuchung von Böden auf Zementgefährlichkeit. Diskussionsbericht. Eidgenössischen Materialprüf- und Versuchsanstalt, Nr. 29., Zürich, 1928.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány, valamint a DIN 4030-1:2008 szabvány (1.5.S2. táblázat) szerint a talajok kémiai hatásának kitett betonok is három környezeti osztályba, úgy mint 2000-3000 mg/kg közötti szulfát-tartalmú talajok esetén az XA1 környezeti osztályba, 3000-12000 mg/kg közötti szulfát-tartalmú talajok esetén az XA2 környezeti osztályba, 12000 mg/kg feletti szulfát-tartalmú talajok esetén az XA3 környezeti osztályba sorolandók, szemben a talajok – ebben a tekintetben ennek ellenére forrás-szabványnak tekinthető – DIN 4030-1:1991 szabvány (1.5.S4. táblázat) szerinti két kémiai agresszivitási fokával.

Lásd még: Környezeti osztály, Savak okozta betonkorrozó, Saválló beton és vizsgálata, Talajok szulfát-tartalma, Talajvizek szulfát-tartalma

Savállandó

A savak erősségét kifejező K_s disszociációs egyensúlyi savállandó alakja az oldat koncentrációjának (c) függvényében a következő:

$$K_s = \frac{c[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot c[\text{A}^-]}{c[\text{HA}]}$$

ahol:

$c[\text{H}_3\text{O}^+]$ = hidroxóniumion-koncentráció, mol/dm³

$c[\text{A}^-]$ = savmaradék-koncentráció (az A^- anion koncentrációja), mol/dm³

$c[\text{HA}]$ = sav-koncentráció (az A^- anion tartalmú sav koncentrációja), mol/dm³

Az irodalomban előfordul, hogy a szögletes zárójelek helyett gömbölyű zárójeleket alkalmaznak.

1.5.S4. táblázat: A talajok kémiai agresszivitása fokának határértékei a DIN 4030-1:1991 szabványban.

A betonok – a talajok Baumann-Gully-féle savassági foka miatti – XA1 környezeti osztályának az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában szereplő határértéke (> 200 ml/kg) megegyezik a DIN 4030-1:1991 szabvány 5. táblázatában a gyengén agresszív fokú (schwach angreifend) talajok oszlopában található határértékkel.

Lásd még: Disszociációs egyensúlyi állandó, Bázisállandó, Oldódásos betonkorrózió

Saválló beton és vizsgálata

Angolul: Acid Resistant Concrete, ARC

Németül: Säurewiderstandsfähiger Beton, SWB

A saválló beton tervezési élettartama 100 év. Az MSZ 4798:2016/4M:2023 magyar betonszabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú műtárgyak, úgy nevezett monumentális építmények tervezése, készítése és ellenőrzése esetén a betonnyomószilárdság ~50%-os elfogadási valószínűséggel és *Student*-tényezővel való értékelése, valamint a betonfedés követelménye *előírás*, azaz alkalmazása *kötelező*!

Saválló beton tulajdonképpen nem készíthető, adott esetben azonban törekedni kell a savaknak minél jobban ellenálló beton készítésére. A savak oldódásos betonkorróziót okoznak (1.5.S7. ábra).

A sav hatására a szilárd beton kalciumos összetevői (kalcium-hidroxid, kalcium-szilikát-hidrát és kalcium-aluminát-hidrát) átalakulnak az agresszív savak kalciumos sóivá. A hidroklorosav hatására kalcium-klorid képződik, amely nagyon oldható; a kénes sav kalcium-szulfátot ad, amely gipszként csapódik ki; a nitrátos sav kalcium-nitrátot alakít ki, amely könnyen oldódik. A szerves savakkal ugyanez az eredmény: a tejsavból kalcium-laktát, az ecetsavból kalcium-acetát képződik, stb. A reakciók eredményeképpen a szilárd cement struktúrája szétrothad.

A különböző savak reakciójának a sebessége a beton alkotóival nem annyira a korróziót okozó sav agresszivitásától, hanem inkább az eredményül kapott kalciumos só oldhatóságától függ. Minél kevésbé oldódik a só (ha más hatás nem távolítja el), annál jelentősebb a passzíváló képessége. Ha a kalciumos só oldódik, akkor a reakciósebességet messzemenően a só oldódási sebessége határozza meg.

A károsító reakciókat irányító általánosan érvényes és fontos szabály az, hogy áramló oldatban az agresszív kémiai anyag által okozott tönkremenetel sokkal gyorsabb, mint nyugvó oldatban.

Forrás: MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás. 10.6. fejezet. A savkorrózió hatásának leírása és vázlatrajza

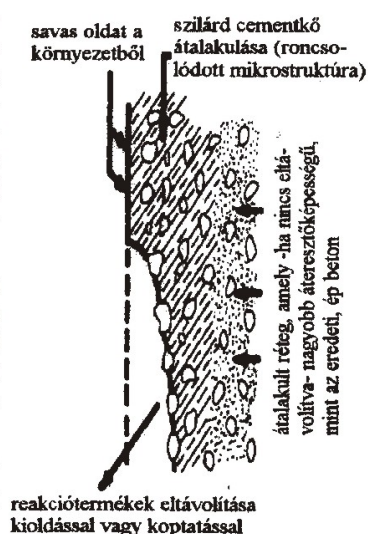
1.5.S7. ábra: A savkorrózió hatása. Részlet az egykori MÉASZ ME-04-19.1995 műszaki előírás 10.6. fejezetéből

A savakkal érintkező betonokat az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba kell sorolni (lásd *könyvünk 10. fejezetét*).

Saválló beton (oldódásos korrózió) esetén elsősorban CEM III/B és CEM III/A kohósalakcement és kohósalakot vagy pernyét vagy traszt (puccolánt) vagy esetleg mindhármát tartalmazó CEM II portlandcement, savállósági kísérletek kedvező eredménye alapján a CEM II portlandcementekhez szilikapor vagy metakaolin is alkalmazandó. Ha a beton egyidejűleg szulfáduzzadást és oldódásos korróziót okozó környezetben van (például szulfátot és agresszív CO₂-ot is tartalmazó vagy kénsav-tartalmú talajvíz, agresszív víz vagy folyadék esetén), akkor a kohósalaktartalmú CEM II MSR és CEM III MSR vagy SR típusú cementek alkalmazása a legelőnyösebb, CEM II MSR típusú portlandcement esetén metakaolin vagy szilikapor kiegészítőanyaggal javítva. Oldódásos korrózió esetén a mészköliszt tartalmú cementek alkalmazása a mészköliszt savérzékenysége és nagy fajlagos felülete miatt nem javasolható (MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018, valamint MSZ 4799:2023).

A betonok savállóság vizsgálatának módszereit a német DAfStb Heft 620. helyzetértékelő jelentésben Gerlach és szerzőtársai (Gerlach et al., 2016) tárgyalják.

A „Chemischer Angriff auf Beton. Prüfverfahren zur Bewertung des Säurewiderstands von Beton” című 41. számú DBV (2017) füzetben a beton savállóságának nem szabványos, de Németországban elterjedt hat vizsgálati módszerét mutatják be. Ezek a következők:



1. Eljárás a Müncheni Műszaki Egyetem Építőanyagok és Anyagvizsgáló Központjának (cbm Centrum Baustoffe und Materialprüfung der TUM Technischen Universität München) „próbahasábos, keringető medencés” vizsgálati módszere (németül: Standtest) szerint

Szerző: *Beddoe, R. – Hilbig, H.*

A próbatestek sablonban készült, 24 órás korban kiszaluzott, 28 napos korig víz alatt tárolt, 50×100×100 mm, illetve 20×100×150 mm méretű betonhasábok, amelyeket a vizsgálati savfürdő közepébe kell meríteni. A vizsgálati vegyszer (németül: PrüfmEDIUM) 10 °C és 50 °C közötti hőmérsékletű, 4,0, 4,5, illetve 5,0 pH-értékű ecetsav/nátrium-acetát oldat ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$ oldat), amelyet a keringető szivattyú folyamatosan mozgásban tart. A vizsgálati vegyszer térfogatának és a próbatest vizsgálati felületének aránya 275 liter/m². Különböző vizsgálati időkben mintát kell venni a vizsgálati vegyszerből, és meg kell határozni a betonból kioldott ionok vizsgálati felületre vonatkoztatott mennyiségét. A vizsgálati időtartam 16-20 nap. A vizsgálat végén a próbatestet közepén elhasítják, a törésfelületet fenolftalein oldattal ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ oldattal) bepermetezik, és a korrodált réteg vastagságát optikailag megméri.

2. Eljárás a Müncheni Műszaki Egyetem Építőanyagok és Anyagvizsgáló Központjának (cbm Centrum Baustoffe und Materialprüfung der TUM Technischen Universität München) „próbacsöves, átfolyó berendezéses” vizsgálati módszere (németül: Rohrtest) szerint

Szerző: *Beddoe, R. – Hilbig, H.*

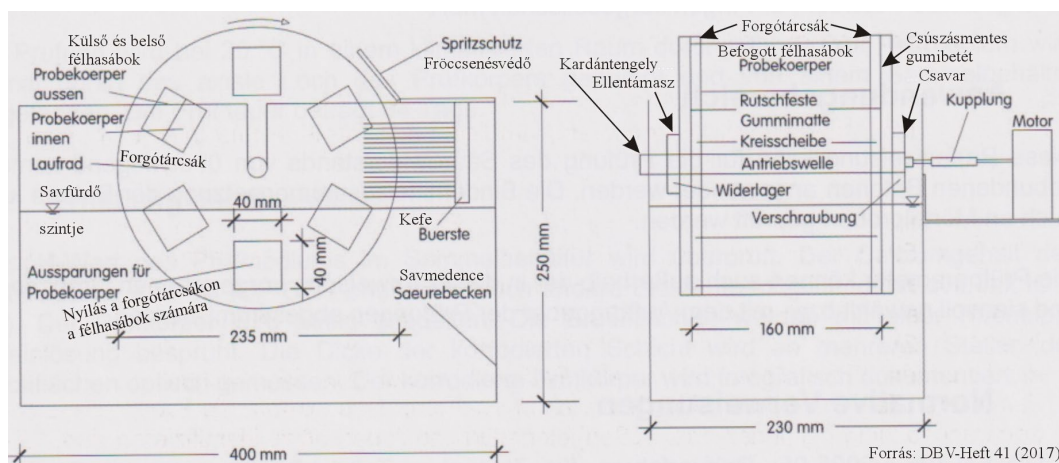
A próbatestek sablonban készült, 24 órás korban kiszaluzott, 28 napos korig víz alatt tárolt, üreges betoncsövek, amelyek külső átmérője 50 mm, belső átmérője 10 mm és hossza 245 mm. A vizsgálati vegyszer 2,0 pH-értékű sósav (HCl), amelyet 300 ml/óra áramlási sebességgel átszivattyúznak a próbatest nyílásán és edényben összegyűjtik. Az edényben összegyűjtött vizsgálati vegyszer kalcium-tartalmából kiszámítják a próbatest vizsgálati felületre vonatkoztatott kalcium-veszteségét. Hasonlóképpen így egyéb elem-veszteségek is meghatározhatók. A vizsgálati időtartam 64 nap, amelynek elteltével a próbatestet hosszirányban elhasítják, a törésfelületet fenolftalein oldattal bepermetezik, és a korrodált réteg vastagságát optikailag megméri.

3. Eljárás az LPI Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover (LP a mérnökiroda társtulajdonosainak, Univ-Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus és Dr.-Ing. Lasse Petersen monogramja) „forgó tárcsás, kefé” vizsgálati módszere szerint

Szerző: *Gerlach, J. – Griese, R. – Lohaus, L. – Petersen, L.*

A próbatestek sablonban készült, 24 órás korban kiszaluzott, 28 napos korig víz alatt tárolt, általában DIN EN 12390-2 szabvány szerinti 150 mm élhosszúságú betonkockák vagy DIN EN 196-1 szabvány szerinti 40×40×160 mm méretű habarcsasábok. A betonkockákból 70×35×150 mm méretű hasábokat kell kivágni, a habarchasábokat pedig úgy kell hosszában ketté vágni, hogy a félhasábok mérete 40×18×160 mm legyen. A vizsgálóberendezés két forgótárcsája közé erősített vizsgálati mintákat savfürdőben forgatják, miközben a frissen vágott hosszabb oldalukat 65±5 mm hosszán kefe súrolja (lehetőség van súrlódás nélküli, azaz kefe nélküli vizsgálatra is). A kefe korrózióálló műanyag sörtéinek hossza 85±5 mm és átmérője 0,5-1,0 mm (1.5.S8. ábra). A vizsgálati vegyszer 3,0 pH-értékű, legfeljebb 60%-s töménységű kénsav oldat (H_2SO_4 oldat). A vizsgálati időtartam: egy fordulat kb. 2,5 percig, a vizsgálat általában 12 hétig tart. A vizsgálat végén mikroszkóposan meg kell határozni a károsodás legnagyobb és átlagos mélységét, és fenolftalein oldatos vizsgálatot kell hasított felületen végezni.

LPI Ingenieurgesellschaft típusú savállóság-vizsgálati berendezéssel hazánkban Kopecskó K. (2021) végzett kísérleteket.

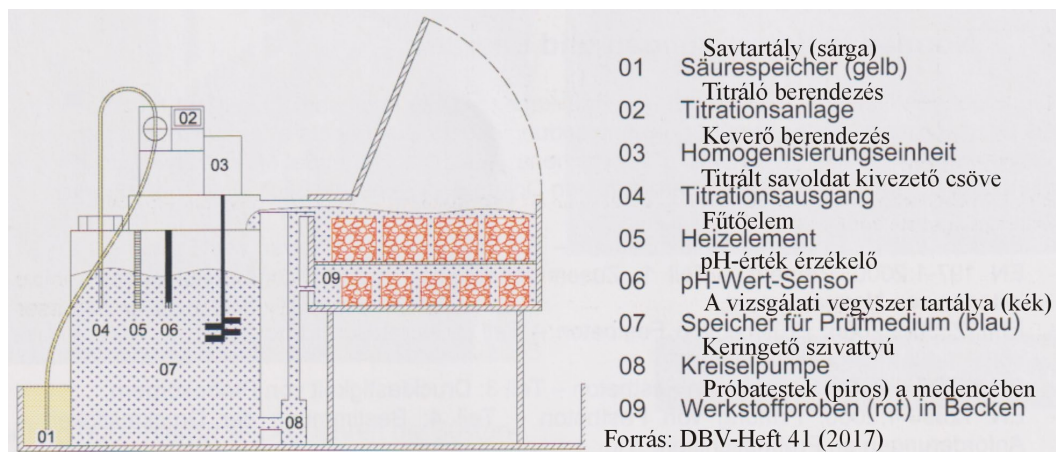


1.5.S8. ábra: Az LPI Ingenieurgesellschaft szerinti savállóság-vizsgálati berendezés vázlatrajza. Forrás: DBV-Heft 41 (2017)

4. Eljárás az MFPA Leipzig (Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH) „kétszintű vizsgáló edényes, csatlakoztatott keringető medencés” vizsgálati módszere szerint

Szerző: *Dehn, F. – König, A.*

A próbatestek sablonban készült, 24 órás korban kiszaluzott, 28 napos korig víz alatt tárolt legalább két DIN EN 12390-2 szabvány szerinti 150 mm élhosszúságú betonkockából kivágott 100×100×40 mm méretű betonhasábok, illetve két 100×100×400 mm méretű betongerendából kivágott 100 mm élhosszúságú próbakockák, valamint Ø50×50 mm méretű kifűrt betonhengerek, amelyeket legalább 12 héten át a vizsgálati savas oldatban kell tárolni. A próbatesteket – hetente váltva a szintet – a kétszintű vizsgáló edénybe kell helyezni, amelyikben a vizsgálati vegyszert a csatlakozó sav-előkészítő berendezés keringeti (1.5.S9. ábra). A vizsgálati vegyszer nem telített 1,0 és 4,0 pH-érték közötti savas oldat a vajsav, a szénsav és a hidrogén-fluorid *kivételeivel*. A vizsgálati vegyszer térfogatának és a próbatest vizsgálati felületének aránya 250-355 liter savas oldat 7,2 dm² vizsgálati felületre (2 próbahasáb esetén), illetve 108 dm² (30 próbahasáb esetén). A vizsgálati vegyszer kalcium-tartalmát, pH-értékét és hőmérsékletét, valamint a próbatestek tömegét hetente ellenőrzik. A vizsgálati időtartam legalább 6 hét, legfeljebb 24 hét. A vizsgálat végén kivágott mintán (hossza $D_{\max} \geq 8$ mm legnagyobb szemnagyság esetén 50 mm) fénymikroszkóppal megméri a savmarás legkisebb, legnagyobb és átlagos mélységét (AT = Abtragstiefe), valamint a reakció rétegvastagságát (RT = Reaktionstiefe).

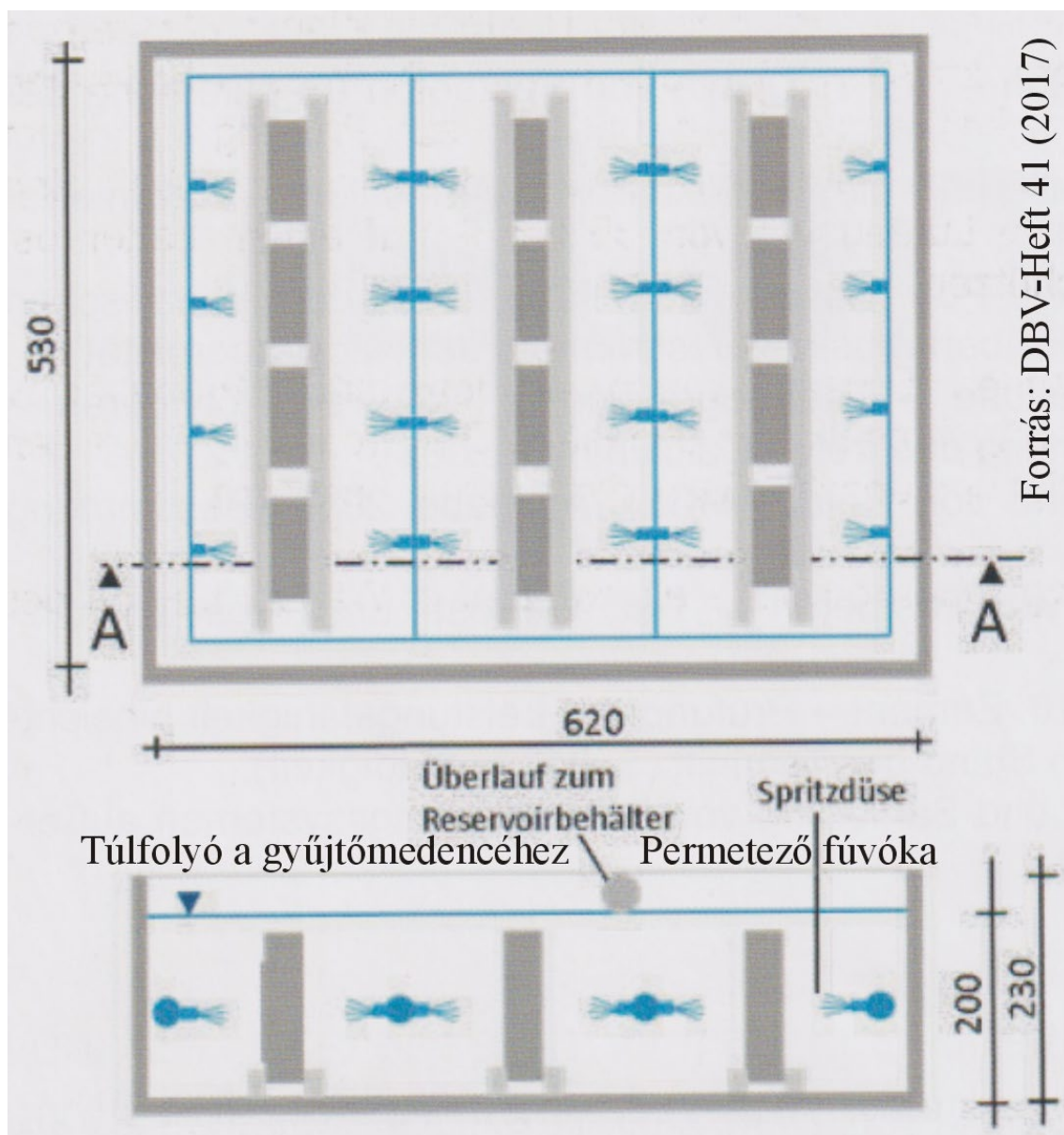


1.5.S9. ábra: Az MFPA Leipzig szerinti savállóság-vizsgálati berendezés vázlatrajza.
Forrás: DBV-Heft 41. (2017)

5. Eljárás a Kiwa GmbH MPA Berlin-Brandenburg (Kiwa Deutschland GmbH-hoz tartozó Materialprüfungsanstalt Berlin-Brandenburg GmbH, Berlin; Kiwa = Keurings Instituut voor Waterleiding Artikelen, azaz Vízellátási Ellenőrző Intézet) „permetező fúvókás” vizsgálati módszere szerint

Szerző: *Hüttl, R. – Röben, R.*

A próbatestek sablonban készült, 24 órás korban kizsaluzott, 6 napos korig víz alatt, majd a vizsgálatig $65\pm 5\%$ relatív páratartalmú zárt helyiségben, $15-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten (célszerűen $20\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten), lécvázon tárolt, DIN EN 12390-2 szabvány szerinti 150 mm élhosszúságú próbakockák, amelyek vizsgálatát 28 vagy 58 napos korban kell kezdeni. A vizsgálatához hat betonkocka közepéből $100\times 150\times 40\text{ mm}$ méretű betonhasábot kell kivágni, majd legalább 72 órán át víz alatt kell tartani telítés céljából. Összehasonlítás céljából négy próbadarabot savban, egyet vízben és egyet levegőben tárolunk. A vizsgálati vegyszer $3,5\text{ pH}$ -értékű kénsav vagy más szervesetlen vagy szerves sav. A vizsgálati módszer elvileg a vizsgálati vegyszer $1,0$ és $5,0\text{ pH}$ -érték közötti tartományában használható. A vizsgálati vegyszer térfogatának és a próbatest vizsgálati felületének aránya $65\text{ liter} / 60\text{ dm}^2$. A savat a legalább 80 liter térfogatú tartályban a betonhasábok körül egy centrifugálszivattyú folyamatosan keringeti a beton próbahasáboktól $40-50\text{ mm}$ -re lévő permetező fúvókákon keresztül (1.5.S10. ábra). A vizsgálati időtartam általában 84 nap. A vizsgálat végén meg kell határozni a betonpróbahasábok százalékos tömegveszteségét, károsodásuk mélységét és egyéb jellemzőit, például repedések keletkezését stb. A teljes károsodás, például a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ feloldódása, a polírozott metszeteken és vékony csiszolatokon sztereomikroszkóp és a polarizációs mikroszkóp segítségével határozható meg. A sérülések mélységét a referenciabetonhoz viszonyítva értékelik; a referenciabeton teljes károsodási mélysége $> 1,0\text{ mm}$ és $< 1,3\text{ mm}$ tartományban kell legyen. Értékelési szempont, hogy a vizsgált betonhasáb teljes sérülésmélysége legfeljebb 10%-kal haladhatja meg a referenciabeton teljes sérülésmélységét.



Forrás: DBV-Heft 41 (2017)

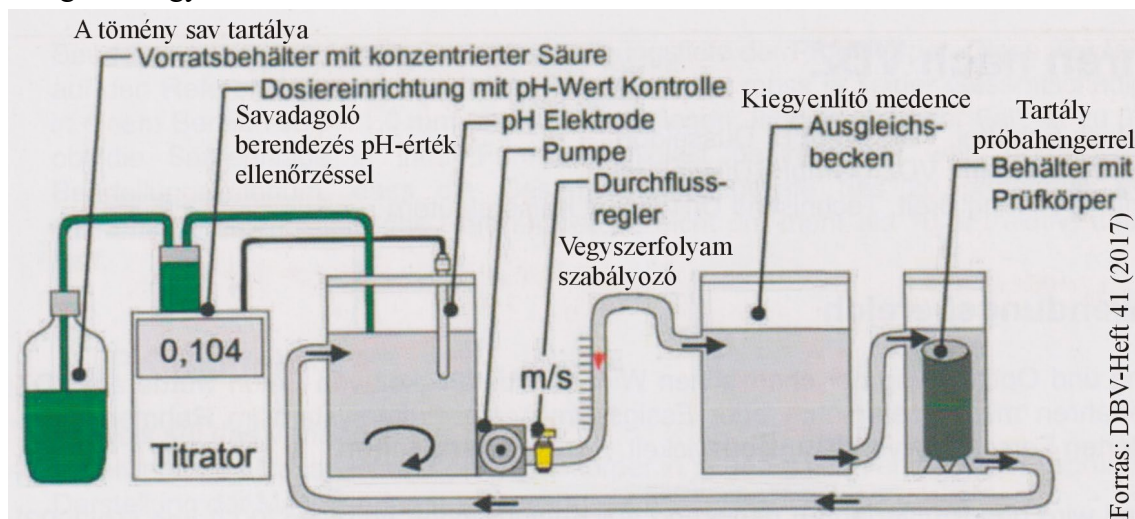
1.5.S10. ábra: Az MPA Berlin-Brandenburg szerinti savállóság-vizsgálati berendezés vázlatrajza. Forrás: DBV-Heft 41 (2017)

6. Eljárás a VDZ gGmbH (gemeinnützige GmbH des Verein Deutscher Zementwerke) „próbahengeres, csatlakoztatott keringető berendezéses, hengeres savfürdős, ecsetelés” vizsgálati módszere szerint

Szerző: Schäffel, P. – Palm, S. – Breit, W.

A próbatestek sablonban készült, 24 órás korban kizsaluzott, 28 napos korig víz alatt tárolt, 100×150×700 mm méretű betongerendák, amelyekből a vizsgálathoz betonösszetételenként és vizsgálati vegyszerenként a gerendákból négy darab 80 mm átmérőjű, 90 mm vagy 45 mm magas próbahengert kell kifűrt. A vizsgálat építményekből kifűrt betonpróbahengereken is elvégezhető. A betonpróbahengereket a vizsgálat előtt három napig 20 °C hőmérsékletű víz alatt kell tárolni. A vizsgálatot a beton 28 napos kora után kell elkezdni. A vizsgálati vegyszer 3,5 pH-értékű salétromsav vagy ecetsav-acetát. A vizsgálati berendezés a savtartályból, a savadagolóból, a savkeringető és savkiegyenlítő berendezésből, valamint az egyes próbahengereket befogadó hengeres savfürdő-edényekből áll (1.5.S11. ábra). A vizsgálat során a próbahengerek tömegét minden nap megméri, és mechanikai igénybevétel

modellezéseként a négyből két próbahenger felületét műszeresen ecsettel koptatják a kopási tömegveszteség meghatározása céljából, miközben a vizsgálati vegyszer kalciumion-tartalmát is meghatározzák. A vizsgálati időtartam, azaz a próbahengerek savban való tárolásának ideje legalább három hét. A vizsgálat végén a próbahengerek salétromsav vagy ecetsav okozta károsodását a próbahengerek tömegveszteségével és fenoltalein oldattal meghatározott károsodásmélységével jellemzik, és táblázatban, valamint $\sqrt{\text{idő}}$ abszcissa-tengelyű koordináta-rendszerben grafikusán is megadják a vizsgálati vegyszer kalciumion-tartalmának időbeli változását.



1.5.S11. ábra: A VDZ szerinti savállóság-vizsgálati berendezés vázlatrajza. Forrás: DBV-Heft 41 (2017)

További hasznos olvasmány a 2014-ben megjelent „Chemischer Angriff auf Betonbauwerke. Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien” című és a 2017-ben megjelent „Chemischer Angriff auf Beton. Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung” című DBV Merkblatt.

Lásd még: Oldódásos betonkorrozó, Pufferoldat, Savak okozta betonkorrozó, Savassági fok, Savállandó, Savexponens

Sav-bázis-indikátoroldat

Lásd még: Hidrogénion-koncentráció, Karbonátosodás

Savexponens

A savexponens (pK_s) a savállandó (K_s) negatív tízes alapú logaritmus ($pK_s = -\log_{10} K_s$). (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

Lásd még: Bázisexponens, Oldódásos betonkorrozó, Savállandó

Savgyök

A savakban a hidrogénion általában egy oxigén-atomon keresztül kapcsolódik a savgyökhöz, azaz a savgyök a savnak a hidroxilcsoport (HO^-) leválásával képződött része. Például a salétromsav (HNO_3) savgyöke (NO_2^-), a kénsav (H_2SO_4) savgyöke (SO_4^{2-}), a foszforsav (H_3PO_4) savgyöke (PO_4^{3-}), szénsav (H_2CO_3) savgyöke (CO_3^{2-}). A sósavnak (HCl) nincs savgyöke, csak savmaradék (Cl^-).

Lásd még: Anion, Savak, Savmaradék

Savképző elemek

Lásd: Nemfémek

Savkorrózió

Lásd: Savak okozta betonkorrózió, Saválló beton és vizsgálata

Savmaradék

A savmaradék negatív töltésű atomok vagy atomcsoportok (anionok) neve, amelyek a savakból a protonok (hidrogén atomok) leválása után visszamaradnak, és amelyek elektromos áram hatására az anódhoz vándorolnak. Például a sósav (HCl) savmaradéka: Cl^- , a kénsav (H_2SO_4) savmaradéka a szulfátió: SO_4^{2-} , a szénsav (H_2CO_3) savmaradéka a karbonátió: CO_3^{2-} stb.

A szerves kémiában gyakran nem csak a savas hidrogén atomok leválása után visszamaradó molekulamaradékot, hanem egy OH-csoport leválása után visszamaradó atomcsoportot is savmaradéknak nevezik. Például nem csak a CH_3COO^- , hanem a CH_3CO^- atomcsoportot is az ecetsav (CH_3COOH) savmaradékának nevezik. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Anion, Savak, Savgyök

Schmidt-kalapács

A svájci eredetű N-típusú *Schmidt*¹⁸¹-kalapács a szerkezetbe beépített szokványos szilárdságú ($f_{\text{cm,cyl}} < 63 \text{ N/mm}^2$) beton nyomószilárdságának közvetett meghatározására alkalmas, roncsolásmentes szilárdságvizsgáló eszközök egyike.

¹⁸¹ *Ernst Oskar Schmidt* (1914, Basel – 1990, Basel) svájci építőmérnök. Humán tagozaton érettségizett 1932-ben, majd Zürichben (ETH Eidgenössische Technische Hochschule) folytatta tanulmányait. Építőmérnöki képesítéssel ment hallgatónak Bostonba (MIT Massachusetts Institute of Technology), ahonnan MSc diplomával 1938-ban tért haza. Ezt követően egy évig Berlinben a Siemens-Bauunionnál volt építőmérnök, majd Zürichben az EMPA-nál (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) helyezkedett el, ahol laboratóriumi kísérleteket végzett. *Ernst O. Schmidt* 1948-ban Bázélbe költözött, ahol tervezőirodát alapított. Irodája 1955-ben – miután abba fivére, *Albert Schmidt* (1923-2007) építőmérnök 1952-ben betársult – az *E. und A. Schmidt Bauingenieure* nevet vette fel, majd 1981-ben *Schmidt + Partner Bauingenieure AG* néven részvénytársasággá alakult. Az építőmérnökök *Ernst O. Schmidt* nevét elsősorban a betonszilárdság-mérő rugós kalapács kapcsán ismerik, pedig *Ernst* és *Albert Schmidt* több százra tehető, rendkívül szép svájci, német, dél-olasz vasbetonhidat, viaduktot, csarnokot stb. tervezett, élen járt a szabad szerelésű hídépítési technológia népszerűsítésében és alkalmazásában.

Felix Wendelin Schmidt – *Albert Schmidt* idősebb fia – 1959-ben Bázélban született, az ETH Zürich műszaki főiskolán diplomázott építőmérnök, 1991 óta a *Schmidt + Partner Bauingenieure AG* tervezője, ma egyik vezetője.

Az N-típusú *Schmidt*-kalapács nagyszilárdságú beton ($f_{cm,cyl} \geq 63 \text{ N/mm}^2$, illetve a Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerint $f_{cm,cyl} > 58 \text{ N/mm}^2$) vizsgálatára nem alkalmas.¹⁸²

Németországban a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes beton-nyomószilárdság vizsgálatot először a Baumann-Steinrück, Frank-féle „Federhammer” és az Einbeck-féle „Pendelhammer” használatát tárgyaló DIN 4240:1954 szabványban említették: „A Schmidt-féle betonvizsgáló kalapács a visszapattanási úthosszat használja a beton-nyomószilárdság mértékéül. Ennek a kezelése és a mérési eredmények értékelése ennek az irányelvnek nem tárgya.” (Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen. Ausgabe A. Jahrgang 8. Nummer 94. 1955. augusztus 3.; megjegyezzük, hogy a DIN 4240:1962 szabvány a Beton-Kalender 1970. 1067 oldalán található). A DIN 1048-2:1972 szabványban (Beton-Kalender, 1972. I. kötet pp. 1160-1162.) a *Schmidt*-kalapácsról nem szóltak. Az N-típusú *Schmidt*-kalapáccsal végzendő vizsgálatot Németországban végérvényesen csak a DIN 1048-2:1976 szabvánnyal vezették be (1.5.S12. ábra). A DIN 1048-2:1976 és azt felváltó, ma már szintén visszavont DIN 1048-2:1991 szabvány szerint egy mérési pont R_m átlagos visszapattanási értékét az ütés irányának függvényében 10 visszapattanási érték számtani átlagaként (arithmetisches Mittel) kell meghatározni, melynek alapján a beton a DIN 1045 szabvány szerinti beton-nyomószilárdsági osztályba sorolható.



¹⁸² Például a PCE-HT-450 típusú (PCE Instruments), a *Schmidt*-kalapács elvén működő, különleges visszapattanás-mérőkalapács üténergiaja 4,5 J, ezért nagyszilárdságú beton roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatára alkalmas eszköz. A PCE-HT-450 típusú mérőkalapács ütőrugójának állandója: $(900 \pm 40) \text{ N/m}$, kalibrálási értéke 88 ± 2 , mérete $\varnothing 54 \times 350 \text{ mm}$, tömege cca. 2039 g. (<https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/>). Megjegyezzük, hogy a szokványos N-típusú *Schmidt*-kalapács üténergiaja 2,207 J.

Az N-típusú *Schmidt*-kalapács továbbfejlesztett változata a 2007 óta megvásárolható *SilverSchmidt*-kalapács elnevezésű digitális műszer, amely a visszapattanás mértéke helyett a visszapattanás sebességét méri; üténergija az alapmodellekével azonos

DIN 1048-2:1976 A beton vizsgálata.

Építmények és szerkezeti elemek szilárd betonja nyomószilárdságának meghatározása.

DK 691.32 : 666.97/98 : 620.173

Általános eljárás

Február 1976

	Prüfverfahren für Beton Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen Allgemeines Verfahren	DIN 1048 Teil 2
Testing methods for concrete; compressive strength of concrete in structures and members		Zugleich Ersatz für DIN 4240

5.2.2 Prüfen mit dem Rückprallhammer

Als Rückprallhammer nach dieser Norm darf nur der Rückprallhammer nach E. Schmidt, Modell N 4), verwendet werden. Meßstellenwerte R_m müssen bei waagerechtem Schlag mindestens 20 Skalenteile (Skt) aufweisen, anderenfalls kann die Druckfestigkeit des Betons wegen der erheblichen Streuungen der Ergebnisse nicht beurteilt werden.

5.2.2 Vizsgálat a visszapattanás mérő kalapáccsal

Visszapattanás mérő kalapáccsként e szabvány szerint csak N típusú E. Schmidt-féle kalapácsot szabad alkalmazni. Vízszintes ütés során a mérési ponton mért visszapattanási értékek átlaga legalább $R_m = 20$ kell legyen, ellenkező esetben a beton nyomószilárdsága az eredmények jelentős szórása miatt nem értékelhető.

Tabelle 2. Mittlere Rückprallstrecken und vergleichbare Betonfestigkeitsklassen nach DIN 1045

① Vergleichbare Betonfestigkeitsklasse	② Mindestwert für jede Meßstelle R_m Skalenteile	③ Mindestwert für jeden Prüfbereich $\bar{R}_m$ Skalenteile
Bn 100	26	30
Bn 150	30	33
Bn 250	35	38
Bn 350	40	43
Bn 450	44	47
Bn 550	48	51

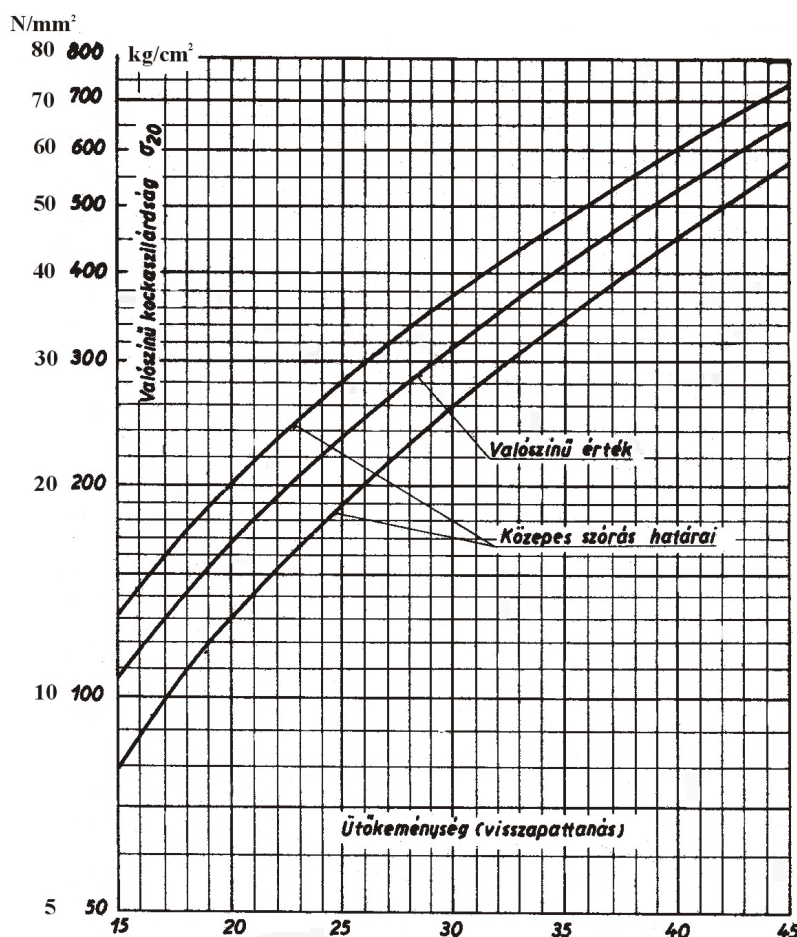
① A beton nyomószilárdsági osztálya a DIN 1045 szabvány szerint

② Átlagos visszapattanási érték mérési pontonként, legalább, R_m

③ Átlagos visszapattanási érték vizsgálati tartományonként, legalább, $\bar{R}_m$

1.5.S12. ábra: A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes beton-nyomószilárdság vizsgálat tárgyalása a DIN 1048-2:1976 szabványban. Részlet. (DIN Taschenbuch 37. Bauwesen 6. Normen über Beton- und Stahlbetonbau. pp. 117-120. Beuth Bauverlag. Wiesbaden – Berlin, 1980.), (Beton-Kalender 1984. Teil II. Jahrgang 73. pp. 423-430. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften. Berlin, 1984.)

Hazánkban a 200 mm élhosszúságú próbakockán értelmezett nyomószilárdság (úgy nevezett kockaszilárdság) meghatározását az N típusú *Schmidt*-kalapáccsal (régi nevén rugós kalapács) mért visszapattanási értékből először a visszavont MSZ 4715:1955 szabvány függelékében szabályozták (1.5.S13. ábra).



1.5.S13. ábra: Az N típusú *Schmidt*-kalapáccsal mért visszapattnási érték és a 200 mm élhosszúságú beton-próbakocka nyomószilárdsága közötti összefüggés diagramja az egykori MSZ 4715:1955 (eredeti jelzete: MNOSZ 4715-1955) szabvány függelékében

Megjegyzés: $1 \text{ kg/mm}^2 \rightarrow$
 $\rightarrow 1 \text{ kp/mm}^2 = 9,81$
 $\text{N/mm}^2 = 9,81 \text{ MPa}$

és

$1 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 1 \text{ kp/cm}^2 =$
 $= 9,81 \text{ N/cm}^2 = 0,0981$
 $\text{N/mm}^2 = 0,0981 \text{ MPa}$

A szerkezetbe beépített betonok mechanikus vagy elektronikus N típusú *Schmidt*-kalapáccsal roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálata során ma az ISO 1920-7 és ASTM C 805 szabványon alapuló MSZ EN 12504-2:2021 szabványt kell követni. A vizsgálati eredmény ütéselőfejtés visszapattnási távolságával vagy az ütés előtti és utáni energia-, illetve sebességkülönbséggel arányos. A mérési hely vagy a vizsgálati terület visszapattnási értékeinek eredménye az összes leolvasott érték mediánja (a sorba rendezett mérési eredmények közül a középső érték). Ha az összes leolvasás több mint 20%-a több mint 30%-kal tér el a mediántól, akkor a teljes mérési sorozatot el kell dobni. E szabvány alapján meghatározott visszapattnási értékek segítségével képet kapunk a helyszíni beton egyenletességéről és a szerkezetben lévő gyenge szilárdságú vagy sérült betonrészek előfordulásáról. Az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerinti módszerrel kapott visszapattnási értékek mediánjából megfelelő összefüggések segítségével az MSZ EN 13791:2019 szabvány szerinti elvek alapján lehet a beépített helyszíni betonok és előregyártott betonelemek nyomószilárdságát megbecsülni. E szabvány német változata (DIN EN 13791) figyelemre méltó, előírt mellékletet tartalmaz; ebben olvasható, hogy a 100 mm vagy 150 mm névleges átmérőjű levegőn tárolt fűrásmag nyomószilárdsága egyenlő a víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságával ($f_{c, \text{is, cube}}$), míg az 50 mm névleges átmérőjű fűrásmag nyomószilárdsága ($f_{c, \text{is, fűrásmag, } \varnothing 50}$) esetén az összefüggés: $f_{c, \text{is, cube}} = 0,9 \times f_{c, \text{is, fűrásmag, } \varnothing 50}$.

A közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálatára *Schmidt*-kalapáccsal vagy ultrahanggal hazánkban az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) utógyműszaki előírás vonatkozik.

A *Schmidt*-kalapáccsal roncsolásmentes beton-nyomószilárdság vizsgálattal *könyvünk 20.1.3.1. fejezetében* foglalkozunk részletesebben.

Lásd még: Medián, Üllő a *Schmidt*-kalapácshoz

Sejtbeton

Lásd: Könnyűbetonok

Sejtesített könnyűbeton

Lásd: Könnyűbetonok

Shewhart minőségsszabályozási kártya és minőségsszabályozási módszer

Angolul: Shewhart control chart

Németül: Shewhart-Qualitätsregelkarte

Shewhart elnevezésű minőségsszabályozási módszert és kártyatípust *Walter Andrew Shewhart*¹⁸³ amerikai mérnök fejlesztette ki, és 1924-ben vezette be az USA-ban.

A *Shewhart* minőségsszabályozási kártya klasszikus értelemben formanyomtatvány volt, amelyen a vizsgálati eredményeket az idő függvényében grafikusán, vonaldiagrammal ábrázolták. A kártya az abszcissa-tengellyel párhuzamos határvonalakat is tartalmazott. Ha a vonaldiagram a felső vagy az alsó határvonalat átlépte, akkor beavatkoztak a gyártási folyamatba, és esetleg intézkedtek a vizsgálatok folytatásának módjáról is. A mai elektronikus adatfeldolgozás (angolul: EDP → Electronic Data Processing; németül: EDV → Elektronische Datenverarbeitung) vezérelte gyártásellenőrzés keretében a minőségsszabályozási kártya adatai és diagramjai csak egy képernyőn láthatók (*Rinne et al.*, 1995).

A *Shewhart*-féle minőségsszabályozási kártya betontechnológiai alkalmazására az MSZ 4798.2016 szabvány H mellékletében mutatnak be eljárást.

Az MSZ 4798.2016 szabvány H mellékletében ugyancsak bemutatott Cusum-kártya érzékenyebb, mint a *Shewhart*-kártya.

A *Shewhart*-kártyánál szintén érzékenyebb EWMA-kártyás minőségsszabályozást az MSZ 4798:2016 szabvány nem tárgyalja.

Lásd még: Cusum minőségsszabályozási kártya és minőségsszabályozási módszer; EWMA minőségsszabályozási kártya és minőségsszabályozási módszer

Shore-keményység

A *Shore*-keménység mérése során egy tompa tű benyomásával szembeni ellenálló képesség mértékét mérik (1.5.S14. ábra). Az abszolút kemény test *Shore*-keménysége 100, ekkor a tű egyáltalán nem hatol az anyagba. *Shore*-keménységgel jellemzik például az acélokat, a gumi, poliuretán, PVC és más termoelasztikus műanyagokat. A műanyagok és keménygumik *Shore*-keménységét az MSZ EN ISO 868:2003 szabvány szerint kell meghatározni.

¹⁸³ *Walter Andrew Shewhart* (1891, Illionois – 1967, New Jersey) amerikai mérnök, fizikus, statisztikus, aki az általa kifejlesztett és róla elnevezett minőségsszabályozási kártyát és módszert az USA-ban 1924-ben először alkalmazta. 1918 és 1924 között a Western Electric (Manhattan, New York) mérnöki osztályán (Engineering Department), majd 1925 és 1956 között a Bell Telephone Laboratories (Murray Hill, New Jersey, USA) intézetben dolgozott kutatómérnökként és statisztikusként.

Shewhart 1954-ben a Rutgers Egyetem (New Jersey állam, USA) címzetes tanára lett. Első, „Economic Control of Quality of Manufactured Product” című könyve 1931-ben, második, „Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control” című könyve 1939-ben jelent meg. Tevékenységének elismerésül az Amerikai Minőségellenőrzési Társaság (ASQC American Society for Quality Control) 1947-ben *Shewhart*-érmet alapított. Életútját a „The American Statistician” (1967, 21, pp. 35-40.), „Industrial Quality Control” (1956, 12, pp. 5 ff. és 1967, 24, pp. 81 ff.) folyóiratban méltatták (*Rinne et al.*, 1995).



DSDS001 Shore keménységmérő



HS-210 Shore keménységmérő

1.5.S14. ábra: Shore keménységmérő készülékek

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>

Lásd még: Keménység

Siemens-Martin-kemence

Lásd: Acélgyártás, vasgyártás

Skandináv vizsgálat

Angolul: Nordic abrasion test

Németül: Nordische Verschleißprüfung

Az MSZ EN 1097-9:2014 szabvány szerinti forgódobos Skandináv vizsgálatnál a kőanyag-halmazok (például adalékanyagok) szöges gépjárműabroncs koptató hatásával szembeni ellenállását lehet meghatározni. A vizsgálati eszköz három belső bordával ellátott $(206,5 \pm 2,0)$ mm átmérőjű, (335 ± 1) mm hosszúságú forgódob, amelybe a vizsgálati minta mellé $15^{+0,1}_{-0,5}$ mm átmérőjű csapágygolyókat kell tölteni. A $(11,2 - 16,0)$ mm szemnagyságú, adott szemmegoszlású, száraz vizsgálati minta tömege (M) a testsűrűségtől (ρ_p) függ ($M = 1000 \times \rho_p / 2,65 \pm 5$ g), a minta és a csapágygolyók össztömege (7000 ± 10) g, amelyhez a forgódobba $(2,00 \pm 0,01)$ liter vizet kell adni. A dobot adott fordulatszámmal (5400 ± 10) összfordulatig kell forgatni. A vizsgálat eredménye az A_n skandináv kopási érték (nordic abrasion value). A $(8,0 - 11,2)$ mm szemnagyságú, adott szemmegoszlású minta Skandináv vizsgálata az MSZ EN 1097-9:2014 szabvány A melléklete szerint végezhető.

A Skandináv vizsgálat hazánkban nem terjedt el, alkalmazása a gumiabroncs-használat tiltása folytán okafogyott.

Sóder

A homokos kavics közhasználatú elnevezése. Német eredetű szó (Schotter), amelynek használatát a szabatos szakmai beszédben és szövegekben kerülni kell.

Sodrás, sodrat, sodrathossz

Lásd: Feszítőpázsma sodrás

Sorel-cement

Lásd: Magnézia cement

Specifikáció

Latin eredetű szóból (specialis) eredő kifejezés, amelyet sajátos technikai szabályozásként lehet értelmezni. A specifikáció az 1970-es éveket követően megjelent fogalom, amelynek meghatározása a DIN 820-3:2014 szabványban található meg.

A szabványosításban specifikációnak (németül Spezifikation vagy Standard) azokat a szabályozó ügyiratokat (dokumentumokat) nevezik, amelyek – a szabványokkal ellentétben – nem az érdekeltek valamennyi körének teljes egyetértésével és nem a nyilvánosság bevonásának kötelezettségével jönnek létre. A specifikációk kiadása a szabványok kiadásánál ügyrendileg egyszerűbb és gyorsabb, ezért alkalmasak a gyors, de még nem feltétlenül végérvényes műszaki fejlesztési eredmények követésére. Ha a specifikáció időt állóbbá válik, szabvány lehet belőle. Alakját tekintve lehet vállalkozói, szakmai, iparági vagy nemzeti kiadvány (Hartlieb et al., 2016).

Németországban a fenti alapon különbséget tesznek a szabvány (Norm, Normung) és a specifikáció (Standard, Standardisierung) között, bevezették a „DIN SPEC” jelzetű specifikációkat, számuk az építésügy területén a 150-et is meghaladja. Az Egyesült Királyságban ilyen különbségtétel nincs, ott a nemzeti szabványosítás (Standardization) eredménye kizárólag a szabvány (Standard), az iparági szabványt „de facto Standard”-nak nevezik. A német és az angol Standard fogalom tehát nem fed egymást.

A fentiekben tárgyalt specifikáció fogalmához közel áll az európai műszaki specifikáció fogalma.

Megjegyezzük, hogy a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban a hivatott és felkészült szakmai szervezet által készített receptbetont „előírt iparági beton”-nak neveztük, ami tulajdonképpen specifikáció volt. Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a receptbetont „előírt szabványos beton”-nak nevezik, de Magyarországon erre érvényes szabvány nincs.

Lásd még: Európai műszaki specifikáció, Receptbeton

Stabilizátor

Stabilizátor a neve például a műanyagiparban az öregedés ellen a feldolgozás előtt a monomerbe vagy a polimerbe adagolt különleges adalékanyagoknak, segédanyagoknak. (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983)

A kémiában, nem szisztematikus módon, stabilizátorokon azt a számos, különböző hatású, gyakran inhibitoroknak nevezett segédanyagot értik, amelyeket az instabilis anyagokhoz adnak, hogy azok kémiai átalakulását (például bomlás, oxidáció stb.) vagy nem kívánt fizikai-kémiai állapotváltozását (például koaguláció, ülepedés stb.) megakadályozzák. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Öregedés

Standard hiba

A standard hiba – nevezik abszolút hibának is – korreláció-számítási fogalom, a korrelációs függvény változói (x és y) közötti kapcsolat szorosságának egyik mérőszáma, valamely $Y(fx)$ függvényre vonatkoztatott hibanégyzetösszeg átlagának négyzetgyöke:

$$S_{\text{hiba}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{f}}$$

ahol:

y_i az i -edik, az adott x_i -hez tartozó mért érték;

Y_i az ugyanazon x_i -hez tartozó, a korrelációs függvényből számított érték;

n a mérési eredmények száma;

f a regressziós függvény szabadságfoka

Lásd még: Relatív hiba

Standardizálás, standardizált valószínűségi függvény

Standardizált függvény angolul: standardized distribution, németül: standardisierte Verteilung

A standardizálás a kétparaméteres (a , b) valószínűségi függvény olyan transzformációja, amellyel az $a = 0$, $b = 1$ paraméteres transzformált (standardizált) valószínűségi függvény várható értéke a koordináta-rendszer origójába kerül. A standardizálás központozító függvény-transzformációt jelent (1.5.S15. ábra).

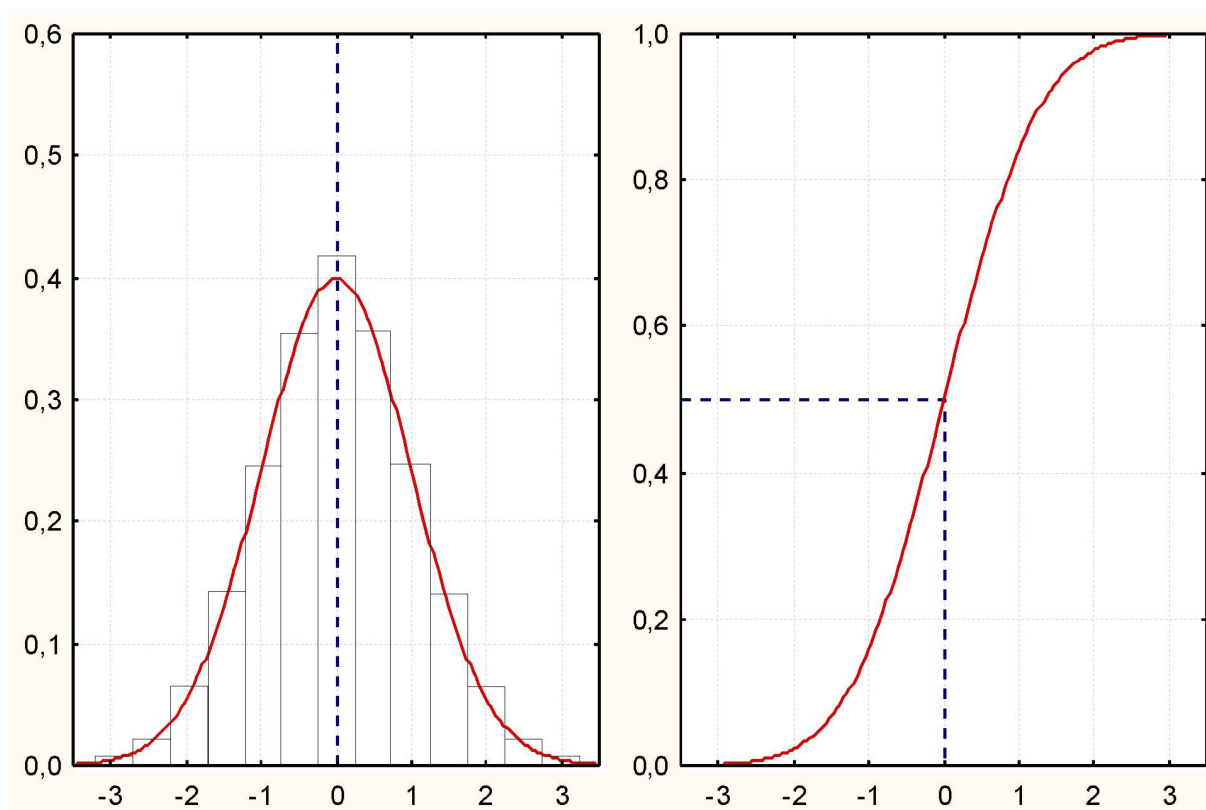
Standardizált a

$$z = \frac{x - a}{b}$$

valószínűségi változójú függvény $f(x|a,b) = f(z)$, ha az „ a ” együttható $a = 0$, és a „ b ” együttható $b = 1$ értéket vesz fel: $f(x|0,1)$.

Ha az „ a ” együttható a várható értékkel ($a = M(\xi)$), és a „ b ” együttható a szórással ($b = D(\xi)$) egyenlő, akkor a standardizált valószínűségi függvény alakja a következő:

$$f\left(z = \left(\frac{x - M(\xi)}{D(\xi)}\right)\right) \rightarrow f(x|0; 1)$$



1.5.S15. ábra: Gauss-féle normális valószínűségi eloszlás standardizált sűrűség- és eloszlásfüggvénye. A várható érték: $M(\xi) = 0$ és a szórás: $D(\xi) = 1$

A „standardizálás” szinonimája a „normalizálás”, a „standardizált” szinonimája a „normalizált”.

A valószínűségi eloszlás alulmaradási tényezője a standardizált függvényben a szórással való osztása folytán az alulmaradási tágasság szerepét tölti be.

Lásd még: Transzformáció

Standard potenciál

Lásd: Redoxi potenciál

Steinbrück-Schmelzer rendszerű keverőgép

A szilárdságvizsgálati földnedves cementhabarcs keverésére alkalmas laboratóriumi eszköz az MSZ 523:1953 szabvány szerint.

Student-eloszlás, Student-féle eloszlás

Lásd: t -eloszlás

Student-tényező

A $t_{\alpha,n}$ Student-tényező az f szabadságfokú t -eloszlás standardizált sűrűségfüggvénye t valószínűségi változójának α szignifikanciaszintű kvantilise. (visszavont MSZ 256-2:1973)

A $t_{\alpha,n}$ Student-tényező tehát a t -eloszlást követő valószínűségi változó standardizált relatív gyakorisági görbéjének (sűrűségfüggvényének) az α szignifikanciaszinttől és az n mintaelemszámtól függő alulmaradási tényezője, amellyel a valószínűségi változó szórását (s) megszorozva a t -eloszlást követő valószínűségi változó alulmaradási tágasságára ($t_{\alpha,n} \times s$) jutunk. A $t_{\alpha,n} \times s$ alulmaradási tágasságot a valószínűségi változó átlagértékéből kivonva megkapjuk a t -eloszlást követő valószínűségi változó jellemző értékét (karakterisztikus értékét):

$$x_k = x_m - t_{\alpha,n} \times s,$$

amelyet az $s_{\text{rel}} = s/x_m$ relatív szórással (variációs tényezővel, variációs együtthatóval) is ki lehet fejezni:

$$x_k = x_m \times (1 - t_{\alpha,n} \times s_{\text{rel}})$$

Az x valószínűségi változó e jellemző értékénél kisebb értékei előfordulásának valószínűsége α szignifikanciaszintű.

Például, ha egyoldali vizsgálat esetén a szignifikanciaszint $\alpha = 0,05$ és a mintaelemszám $n = 5$, akkor a Student-féle alulmaradási tényező az MSZ 4798:2016 szabvány $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozó NAD P1. táblázata szerint $t_{\alpha,n} \rightarrow t_{0,05;5} = 2,132$. Ha a valószínűségi változó (x) a beton f_c nyomószilárdsága, amelynek az átlagértéke például $f_{cm} = 27,7 \text{ N/mm}^2$, a szórása $s = 3,0 \text{ N/mm}^2$ és az $\alpha = 0,05$ szignifikanciaszinthez és az $n = 5$ mintaelemszámhoz tartozó alulmaradási tágassága $t_{0,05;5} \times s = 2,132 \times 3,0 = 6,4 \text{ N/mm}^2$, akkor a szóban forgó beton nyomószilárdságának $\alpha = 0,05$ szignifikanciaszintű jellemző értéke (karakterisztikus értéke): $f_{ck} = 27,7 - 6,4 = 21,3 \text{ N/mm}^2$.

A Student-tényezőt olykor az n mintaelemszám helyett az $f = n - 1$ szabadság-fok függvényében szokták kifejezni.

Az n mintaelemszám növekedésével a Student-tényező csökken, és $n = \infty$ esetén az 1.5.S5. táblázatban szereplő t_{∞} értéket veszi fel.

1.5.S5. táblázat: Student-tényező értéke $n = \infty$ mintaelemszám esetén (visszavont MSZ 256-2:1973), (Owen, 1962, p. 30), (Palotás, 1979. 1. kötet, p. 536.)

Student-tényező értéke egyoldali vizsgálat esetén az $\alpha_1 (1 - \beta_1)$ szignifikanciaszint (alulmaradási hányad) függvényében, ha a mintaelemszám: $n = \infty$						
α_1	0,1000	0,0500	0,0250	0,0125	0,0100	0,0050
t_{∞}	1,2816	1,6448	1,9600	2,2414	2,3263	2,5758
Megjegyzés: A Palotás-féle 1979. 1. kötet 536. oldalán lévő III. 6. táblázat α szignifikanciaszint értékei kétoldali vizsgálatra vonatkozó α_2 értékek ($2 \times \alpha_1 = \alpha_2$).						

A *Student*-tényezőnek a vizsgálati eredmények értékelése során van nagy jelentősége, mert a sűrűségfüggvény független változójának (például a betonpróbatestek nyomószilárdságának) – a vizsgálati eredmények értékeléséhez olykor szükséges – jellemző értékét szimmetrikus valószínűségi eloszlás feltételezése mellett a *Student*-tényező alkalmazásával helyes meghatározni.

A *t*-eloszlás konfidenciaszintjének (megbízhatósági szintjének, jele általában: $\beta = 1 - \alpha$ vagy például az ISO 12491:1997 szabványban: γ ; *Owen*, 1962. könyvében: P ; a *Stange* et al., 1966. könyvben: S), más szóval a *t*-eloszlás standardizált sűrűségfüggvénye $\bar{x} - \lambda \times s$ és $\bar{x} + \lambda \times s$ küszöbértékek (angolul: tolerance limit, németül: Schwellenwert) közötti görbe alatti területének meghatározásához a valószínűségi változó $\bar{x}$ átlagértékén és s szórásán kívül ismerni kell a λ_n alulmaradási tényező (jele *Owen*, 1962. könyvében: k ; a *t*-eloszlás esetén a *Student*-tényező: t_n) értékét is.

Wald et al. (1946) bebizonyították, hogy a $k(\lambda_n, t_n)$ alulmaradási tényező értéke a $k \approx r \times u$ ($t \approx r \times u$) szorzattal helyettesíthető, ahol az r küszöbérték-tényező (angolul: tolerance limit factor, németül: Toleranzgrenzfaktor vagy Schwellenwertfaktor) az n mintaelemszám mellett a normális-eloszlás P konfidenciaszintjét meghatározó érték:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2 \times \pi}} \times \int_{\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right) - r}^{\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right) + r} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \cdot dt,$$

az u pedig az $f = n - 1$ szabadságfokkal és a χ^2 -eloszlással kifejezett küszöbérték (angolul: critical value, németül: kritischer Wert), (*Owen*, 1962, pp. 127-137., 5.4. fejezet), (*Hartung* et al., 2009, p. 161., 1.3.2. fejezet):

$$u = \sqrt{\frac{f}{\chi^2_{1-\gamma, f}}}$$

Az $r(n, \alpha)$ és $u(n, \gamma)$ tényező, valamint a $t \approx r \times u$ szorzat értékeit a *Palotás* (1979) 1. kötet 624-625. oldalán lévő III. 19. táblázat tartalmazza.

A különbözőféleképp meghatározott *Student*-tényező értékeket az irodalomban és a szabványokban közölt táblázatokban találhatjuk meg: *Fisher* (1934), *Federighi* (1959), *Owen* (1962), *Stange* et al. (1966), *Vincze E.* (1972), *Palotás* (1979. 1. kötet), *Balázs* (1984, 1989), *Plate* (1993), *Hartung* et al. (2009), MSZ 256-2:1973, MSZ 4720-2:1980, MI-04.19:1981, MSZ EN 1990:2011 D1. táblázat, MSZ 4798:2016 NAD P1. táblázat stb.; ezeket és kapcsolatukat $p_1 = 0,5$ egyoldali alulmaradási hányad esetére az 1.5.S6. és 1.5.S7. táblázatban mutatjuk be.

1.5.S6. táblázat: *Student*-tényező értékek $p_1 = 0,05$ egyoldali alulmaradási hányad (szignifikanciaszint) esetén az irodalomban és a szabványokban

Adatok száma (Mintaelemszám)		Ismeretlen relatív szórás	Ismert relatív szórás		Ismeretlen relatív szórás			
n	f		t	t				
Szabadságfok, $f = n - 1$		t	t	k_n	k_n	r	$u_{0,5} = u_{50\%}$	$t_1 = r \times u_{50}$
Oszlop jele		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	0	–	–	–	2,31	–	–	–
2	1	6,3138	6,314	–	2,01	2,0078	1,4826	2,977
3	2	2,9200	2,920	3,37	1,89	1,8979	1,2011	2,280
4	3	2,3534	2,353	2,63	1,83	1,8388	1,1261	2,071
5	4	2,1318	2,132	2,33	1,80	1,8019	1,0916	1,967
6	5	2,0150	2,015	2,18	1,77	1,7768	1,0719	1,905
7	6	1,9432	1,943	–	–	1,7587	1,0592	1,863
8	7	1,8946	1,895	2,00	1,74	1,7448	1,0503	1,833
9	8	1,8595	1,860	–	–	–	–	–
10	9	1,8331	1,833	1,922	1,72	1,7253	1,0387	1,792
11	10	1,8125	1,812	–	–	–	–	–
15	14	1,7613	1,761	1,819	–	–	–	–
16	15	1,7531	1,753	–	–	1,6956	1,0228	1,734
20	19	1,7291	1,729	1,772	1,68	1,6877	1,0179	1,718
21	20	1,7247	1,725	–	–	–	–	–
25	24	1,7109	1,711	–	–	1,6775	1,0141	1,701
26	25	1,7081	1,708	–	–	–	–	–
30	29	1,6991	1,699	1,727	1,67	1,6721	1,0116	1,691
31	30	1,6973	1,697	–	–	–	–	–
40	39	1,6849	–	1,706	–	1,6653	1,0086	1,680
41	40	1,6839	1,684	–	–	–	–	–
50	49	1,6766	–	–	–	1,6612	1,0069	1,673
60	59	1,6711	–	1,685	–	1,6585	1,0057	1,668
100	99	1,6604	–	–	–	1,6531	1,0033	1,659
∞	∞	1,6449	1,645	1,645	1,64	1,6449	1,0000	1,645

1.5.S7. táblázat: Az 1.5.S6. táblázatbeli, adott szabadságfokú *Student*-tényezők kapcsolata

Kapcsolat az azonos szabadságfokú <i>Student</i> -tényezők között	$\delta = 50\%$ (0,5) és $\alpha_1 = 5\%$ (0,05) (δ = biztonsági érték; α_1 = egyoldali alulmaradási hányad) esetén, például,
$\textcircled{1} = \textcircled{2} = 1,645 \times \frac{\textcircled{3}}{\textcircled{4}}$	ha $n = 5$, akkor $1,645 \times (2,33/1,80) = 2,129 \sim 2,132 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$ ha $n = 10$, akkor $1,645 \times (1,92/1,72) = 1,836 \sim 1,833 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$
$\textcircled{3} \times \sqrt{\frac{n}{n+1}} = \textcircled{1} = \textcircled{2}$	ha $n = 5$, akkor $2,33 \times 0,912871 = 2,127 \sim 2,132 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$ ha $n = 10$, akkor $1,92 \times 0,953463 = 1,831 \sim 1,833 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$
$\textcircled{4} \times \sqrt{\frac{n}{n+1}} = 1,645$	ha $n = 5$, akkor $1,80 \times 0,912871 = 1,643 \sim 1,645$ ha $n = 10$, akkor $1,72 \times 0,953463 = 1,640 \sim 1,645$
$\textcircled{4} = \textcircled{5}$	ha $n = 5$, akkor $1,80 \sim 1,8019$ ha $n = 10$, akkor $1,72 \sim 1,7253$
$\textcircled{5} \times \textcircled{6} = \textcircled{7}$	ha $n = 5$, akkor $1,8019 \times 1,0916 = 1,967 = \textcircled{7}$ ha $n = 10$, akkor $1,7253 \times 1,0387 = 1,792 = \textcircled{7}$
$\textcircled{6} = u_{f; \beta} = \sqrt{\frac{f}{\chi_{f; \beta}^2}}$ Megjegyzés: A $\chi_{f; \beta}^2$ példákban szereplő értékei Hartung et al., (2009) 1029. oldalán lévő 4. táblázatból származnak.	ha $\beta_1 = 0,50$ és $n = 5$, akkor $f = 4$ és $\chi_{4; 0,5}^2 = 3,357$, amelyből $u_{4; 0,5} = 1,0916$ $n = 10$, akkor $f = 9$ és $\chi_{9; 0,5}^2 = 8,343$, amelyből $u_{9; 0,5} = 1,0387$ Ezek az $u_{f; 0,5}$ értékek azonosak az 1.5.S6. táblázat megfelelő n sorában található értékekkel. ha $\beta_1 = 0,95$ és $n = 5$, akkor $f = 4$ és $\chi_{4; 0,95}^2 = 0,711$, amelyből $u_{4; 0,95} = 2,3719$ $n = 10$, akkor $f = 9$ és $\chi_{9; 0,95}^2 = 3,325$, amelyből $u_{9; 0,95} = 1,6452$
Az MSZ EN 1990: 2011 szabvány D1. táblázata k_n alulmaradási tényezőinek értelmezése	
A relatív szórás (V_x) ismeretlen	A relatív szórás (V_x) ismert
$\textcircled{3} = \frac{\textcircled{1}}{\sqrt{\frac{n}{n+1}}} = \frac{\textcircled{2}}{\sqrt{\frac{n}{n+1}}} = \textcircled{4} \times \frac{\textcircled{1}}{1,6454}$	$\textcircled{4} = \textcircled{5} = \frac{1,645}{\sqrt{\frac{n}{n+1}}}$

Lásd még: *t*-eloszlás, Kvantilis, Szabadságfok, Szignifikanciaszint, χ^2 -eloszlás

Sugárvédelem

A visszavont MSZ 62:1978 szabvány szerint a sugárvédelem feladata az ionizáló sugárzások hatásaként fellépő sugárártalmak megelőzése és ellenőrzése. A megelőzés érdekében a megengedhető maximális dózis figyelembevételével megszabják azokat a műszaki-egészségügyi feltételeket, amelyeknek betartásával megtervezett és kivitelezett munkahelyeken dolgozók, illetve az ilyen létesítmények környezetében élők egészségvédelme biztosítható, és kötelezővé teszik a sugárvédelmi célokat szolgáló berendezések, felszerelési tárgyak, védőruházat stb. megfelelő használatát. Az ellenőrzés az egyénre, a munkahelyre és a környezet sugárterhelésére terjed ki.

A sugárvédelem legfontosabb építőipari műszaki fogalmai a *DBV Merkblatt Strahlenschutzbeton* (1996) műszaki útmutató szerint a következők:

A RADIOAKTIVITÁS (Radioaktivität) bizonyos nuklidok azon tulajdonsága, hogy spontán részecske- vagy gamma-sugarakat bocsátanak ki az atommagból, vagy röntgensugarakat bocsátanak ki a héjból, miután az atommag befogott egy elektront a héjába.

A magfizikában a NUKLID (latinul: nucleus) olyan atommag, amelyet bizonyos számú proton és neutron jellemez, amely meghatározza az atom típusát.

AZ ELEKTRONSUGÁRZÁS (Elektronenstrahlung) negatív vagy pozitív töltésű elektronokból álló részecskesugárzás.

A BÉTA-SUGÁRZÁS (Betastrahlung) az a fajta elektronsugárzás, amelyet az atommag átalakulása során az atommag bocsát ki. Az elektrongyorsító (más néven "betatron") által generált elektronsugárzás nem béta-sugárzás.

A RÖNTGENSUGÁRZÁS (Röntgenstrahlung) az atomhéjban vagy az atomok *Coulomb*-mezőjében (a pontszerű atommagok elektromos tere) keletkező foton-sugárzás, amelynek foton-energiája lehetővé teszi az ütközéssel közvetett ionizációt.

A FOTON-SUGÁRZÁS (Photonstrahlung) vagy elektromágneses sugárzás az ionizáló-sugárzás egyik fajtája, amely kétféle lehet: a) röntgensugárzás, ahol az energia az elektronhéjból származik, b) gamma-sugárzás, ahol az energia a magból származik. Az ionizáló-sugárzás másik fajtája a magsugárzásnak is nevezett RÉSZECSE-SUGÁRZÁS, amelynek során a bomlásban résztvevő atommag energiatartalma csökken, és ez az energia a bomlással kibocsátott részecske-sugárzás energiájává alakulva kijut az atommagból, mint az alfa-, béta-, proton-, neutron-sugárzás esetén. (Pesznyák et al., 2016)

A FÉKEZŐ SUGÁRZÁS (Bremsstrahlung) az a röntgensugárzás, amely az atomok *Coulomb*-mezőjében lévő töltött részecskék lassításával keletkezik. A fékező sugárzás technikailag elsősorban a röntgensövekben vagy a gyorsítócsövekben lévő elektronok lelassításával jön létre.

A GAMMA-SUGÁRZÁS (Gammastrahlung) lényegében az a fajta foton-sugárzás, amelyet az alacsonyabb energiájú állapotba kerülő gerjesztett atommagok bocsátanak ki. A gamma-sugárzás nem a foton-energiában, hanem a keletkezésének módjában különbözik a röntgensugárzástól. (Például az elektrongyorsítóból származó röntgensugárzás nagyobb energiájú fotonokat tartalmazhat, mint a radioaktív anyagokból származó gammasugárzás.)

AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS (Ionisierende Strahlung) olyan részecskékből vagy fotonokból álló sugárzás, amelyek képesek közvetlenül vagy közvetve egy permanens (tartós, állandó) gázt ütközés útján ionizálni. A nem ionizáló sugárzás (például látható fény) és az ionizáló sugárzás közötti határként meghatározott foton- vagy részecske-energiát nem lehet meghatározni, mivel az ütközési ionizációhoz szükséges energia az ionizált gáz típusától is függ. A radiológiában használt foton- és részecske-sugárzások egyértelműen az ionizáló sugárzások közé tartoznak.

A KÖZVETLENÜL IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS (Unmittelbar ionisierende Strahlung) töltött részecskékből áll (például elektronok, pozitronok, protonok, deutronok, alfa-részecskék), amelyek képesek egy permanens (tartós, állandó) gázt közvetlenül ütés hatására ionizálni.

A KÖZVETETT IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS (Mittelbar ionisierende Strahlung) töltetlen részecskékből (pl. neutronokból) vagy fotonokból áll, amelyek képesek energiát átadni töltött részecskéknél, amely töltött-részecskék viszont ütközéssel ionizálnak egy permanens (tartós, állandó) gázt.

HASZNOS SUGÁRZÁS (Nutzstrahlung) a hasznos sugárzási tartományon belüli sugárzás, kivéve a besugárzott test szórt sugárzását. A hasznos sugárzási terület a sugárforrás és a nyílásrendszer hatásos élei által meghatározott terület.

A ZAVARÓ SUGÁRZÁS (Störstrahlung) a hasznos sugárzási tartományon kívül eső összes sugárzás. Egyrészt tartalmazza a primer sugárzásnak azt a részét, amely a fókuszponton (Brennfleck, az elektronok által eltalált pont az anódon) kívül keletkezik és áthalad a fényrekesz (Blende) sugár-kilépési nyílásán (Strahlaustrittsöffnung), másrészt a primer sugárzásnak azt a részét, amelyet a védőburkolat vagy a fényrekesz elnyelő része (absorbierende Teile der Blende) még átenged (ÁTENGEDETT SUGÁRZÁS = Durchlaßstrahlung), harmadrészt pedig a hasznos sugárzási területről oldalirányban kilépő másodlagos és harmadlagos SZÓRT SUGÁRZÁST (Streustrahlung)

Egy adott t időpontban N atomot tartalmazó radionuklidok vagy izomerek mennyiségének AKTIVITÁSA (A) nem más, mint az átalakulási sebesség várható értéke ($A = -dN/dt = \lambda \times N$), ahol λ a bomlási állandó.

A radionuklid vagy izomer λ BOMLÁSI ÁLLANDÓJA (Zerfallkonstante) az időegység (dt) alatt lezajló radioaktív átalakulás (radioaktive Umwandlung) vagy atommag izomer átmenet (Isomerübergang) valószínűsége (dw): $\lambda = dw/dt$. Ha t időpontban N atom van jelen, akkor a radioaktív átalakulások vagy izomer átmenetek számának várható értéke a dt időegység alatt: $-dN = N \times dw$, és így a λ bomlási állandó összefüggése:

$$\lambda = -\frac{1}{N} \times \frac{dN}{dt} = \frac{A}{N}$$

A radionuklid vagy izomer $T_{1/2}$ FELEZÉSI IDEJE (Halbwertszeit) az az időtartam, amely alatt az eredetileg jelenlévő atomok száma a radioaktív átalakulás vagy az izomer átmenet következtében átlagosan a felére csökken:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,6931}{\lambda}$$

A RÉSZECSCKE ENERGIÁJA (Teilchenenergie) a részecske kinetikai energiája (mozgási energiája), azaz a nyugalmi energiát nem tartalmazó energiája.

Az E FOTOENERGIA (Photoenergie) a ν frekvenciával és a λ hullámhosszal (Wellenlänge) kifejezve a következő:

$$E = h \times \nu = \frac{h \times c_0}{\lambda}$$

ahol h a Planck-állandó és c_0 a fény sebessége vákuumban.

A SUGÁRZÁSGYENGÍTÉS (Strahlenschwächung) a foton-fluxussűrűség csökkentését jelenti a sugárzásnak és az anyaggal való kölcsönhatása révén (fotóeffektus, Rayleigh-szórás, Compton-effektus, párképzés).

Az ÁRNYÉKOLÁS CSILLAPÍTÁSI FOKA (Schwächungsgrad) egy adott röntgen- vagy gamma-sugárzás árnyékolás nélküli – a széles hasznos nyaláb tengelyében mért – helyi dózis-teljesítményének és az ugyanazon a helyen, azonos besugárzási körülmények között mért helyi dózis-teljesítményének aránya.

Az anyag μ CSILLAPÍTÁSI EGYÜTTHATÓJA (Schwächungskoeffizient) E fotonenergiájú ftonsugárzás esetén a következő:

$$\mu = \frac{1}{N} \times \frac{dN}{ds}$$

ahol dN/N az N fotonok számának a része, amely a ds úthosszon az anyaggal kölcsönhatásba lép.

A μ csillapítási együttható a τ fotoabszorpciós együttható, az σ szórási együttható és a κ PÁROSÍTÁSI EGYÜTTHATÓ (Paarbildungskoeffizient) összegével egyenlő:

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa = \frac{1}{N} \times \left(\frac{dN_{\tau}}{ds} + \frac{dN_{\sigma}}{ds} + \frac{dN_{\kappa}}{ds} \right)$$

Az s FÉLÉRTÉKŰ RÉTEGVASTAGSÁG (Halbwertschichtdicke, Halbwertdicke) annak szűk, azonos irányú sugárnyalábra helyezett anyagnak a rétegvastagsága, amelyen keresztül haladva a réteg mögött a STANDARD IONDÓZIS-TELJESÍTMÉNY (Standard-Ionendosis-Leistung) a felére csökken.

Az első félértékű rétegvastagság (s_1) az összes szűrő (önszűrő + kiegészítő szűrő) mögötti félértékű rétegvastagság.

A második félértékű rétegvastagság (s_2) az ugyanazon anyag félértékű rétegvastagsága az s_1 első félértékű rétegvastagság mögött.

Az ÓLOMRÉTEG-EGYENÉRTÉK (Bleigleichwert) annak az ólomrétegnek a vastagsága, amelynek ugyanannyi a csillapítása (Schwächung), mint egy meghatározott vastagságú másik anyagé.

Az anyagban az ionizáló sugárzással ébresztett D ENERGIA-DÓZIS (Energiedosis) a dW_D és a dm hányadosa, ahol dW_D a sugárzással a dV térfogatú anyagra átvitt energia, és $dm = \rho \times dV$ a ρ sűrűségű anyag tömege a dV térfogatelemben:

$$D = \frac{dW_D}{dm} = \frac{1}{\rho} \times \frac{dW_D}{dV}$$

Az ionizáló sugárzással a levegő dV térfogatelemében ébresztett J ION-DÓZIS (Ionendosis) a dQ és dm_L hányadosa, ahol dQ a sugárzás hatására közvetlenül vagy közvetve a levegőben képződő azonos előjelű ionok elektromos töltése, és $dm_L = \rho_L \times dV$ a ρ_L sűrűségű levegő tömege a térfogatelemben:

$$J = \frac{dQ}{dm_L} = \frac{1}{\rho} \times \frac{dQ}{dV}$$

A D_q DÓZIS-EGYENÉRTÉK (Äquivalentdosis) az élő szövetben elnyelt D energia-dózis és a q mértékegység nélküli minőségi tényező szorzata:

$$D_q = q \times D$$

A dózis-egyenérték az élő szervezet által elnyelt energia-dózist jellemzi, figyelembe véve a biológiai hatásokat, amelyek attól függenek, hogy mennyi sugárzást nyel el a szervezet, milyen típusú radioaktív sugárzás és az mely testrészeket vagy szerveket ér.

A q minőségi tényező értékét kísérletekkel határozták meg figyelembe véve a különböző típusú sugárzások, energiák és expozíciós feltételek sugárzási kockázatát. A q minőségi tényező értéke béta-sugárzás, gamma-sugárzás és röntgensugárzás esetén 1,0, lassú neutronsugárzás esetén 2,3, gyors neutronsugárzás esetén 10, és alfa-sugárzás esetén 20 (<https://www.lernhelfer.de>).

A SZEMÉLYI DÓZIS (Personendosis) a légyszövet dózis-egyenértéke (Äquivalentdosis für Weichteilgewebe), amelyet a testfelület azon pontján mérnek, amelyen a sugárterhelés éri. Az orvostudományban a légyszöveten a zsírszövetet, izomszövetet és kötőszövetet értik, kivéve a csontokat, beleértve a bennük lévő kis ereket és idegeket (<https://de.wikipedia.org/wiki/Weichteilgewebe>).

A HELYI DÓZIS (Ortsdosis) a légyszövet adott helyen mért dózis-egyenértéke.

A gamma-sugarat kibocsátó radionuklid G FAJLAGOS GAMMA-SUGÁR-ÁLLANDÓJÁT (Spezifische Gammastrahlenkonstante) a

$$G = \frac{\dot{D}_s \times r^2}{A}$$

hányadossal fejezzük ki, ahol $\dot{D}$ a STANDARD ENERGIADÓZIS-TELJESÍTMÉNY (Standard-Energiedosis-Leistung), amelyet az A aktivitású pontszerű forrásból származó gamma-sugárzás hozna létre az r távolságból.

A rövid életű utód-termékekkel rendelkező radionuklidok esetén a radioaktív egyensúlyi állapothoz tartozó fajlagos gamma-sugár-állandót adjuk meg.

A rádium esetében a fajlagos gamma-sugár-állandó a 0,5 mm-es platinahéjba burkolt rádium-226 tömegére vonatkozik.

A röntgenkészülék G_R DÓZISTELJESÍTMÉNY-ÁLLANDÓJÁT (Dosisleistungskonstante) a következőképpen határozzuk meg:

$$G_R = \frac{\dot{D}_s \times r^2}{I}$$

ahol: $\dot{D}_s$ standard energiadózis-teljesítmény a besugárzási talpponttól (Brennfleck) r távolságra, és I (Röhrenstromstärke) a csőáramerősség.

A sugárvédelemben olyan dóziszfogalmakat használnak, amelyek közvetlenül mérhető mennyiséggel jellemzik a sugárzási teret és az élőanyaggal való kölcsönhatást. Ez utóbbi sokrétűsége miatt ezeket a feltételeket egyetlen dóziszfogalom nem elégíti ki (*Gallyas*, 1984):

ELNYELT DÓZIS:

bármely sugárzásra vonatkozóan a besugárzott anyag térfogatelemével közölt energiának és a térfogatelem tömegének a hányadosa. Egysége: gray (Gy) $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. (Régi egysége: rad. $1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$)

ELNYELT DÓZISTELJESÍTMÉNY:

az időegységre jutó elnyelt dózis. Egységei: Gy/Jniin, inGylh. (Régi egységei: rad/Jmin, mrad/h)

INTEGRÁLT ELNYELT DÓZIS:

adott tömegű anyaggal közölt összes energia. Egysége: kg·Gy. $1 \text{ kg} \cdot \text{Gy} = 1 \text{ J}$. (Régi egysége: grammrad. $1 \text{ grammrad} = 100 \text{ erg} = 10^{-5} \text{ J}$)

KÖZÖLT DÓZIS:

közvetve ionizáló sugárzás által a besugárzott anyag térfogatelemében felszabadított összes töltött részecske kezdeti kinetikai energiájának és a térfogatelem tömegének a hányadosa. Egysége: 1. elnyelt dózis

BESUGÁRZÁSI DÓZIS:

röntgen- és gamma-sugárzás esetén azonos előjelű ionok töltésének az összege (abban az esetben, amikor a fotonok által valamely levegő-térfogatelemben felszabadított valamennyi elektron levegőben fékeződik le) osztva a térfogatelem tömegével. Egysége: coulomb/kg (C/kg). (Régi egység: röntgen (R). 1 R az a röntgen vagy gamma-sugárzás mennyiség, amely $1,293 \text{ mg/l cm}^3/\text{normál állapotú levegőben}$ 1-l elektrosztatikai töltésegységnek megfelelő töltésű ionpárt hoz létre.) $1 \text{ R} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$. 1 R besugárzási dózissal levegőben $0,869 \text{ rad}$, lágy szövetekben általában $0,97 \text{ rad}$ elnyelt dózis felel meg.

BESUGÁRZÁSI DÓZISTELJESÍTMÉNY:

az időegységre jutó besugárzási dózis. Egységei: C/kg·min, C/kg·h. (Régi egységei: R/min, mR/h)

DÓZIS EGYENÉRTÉK (EKVIVALENS DÓZIS):

az elnyelt dózis és annak biológiai hatékonyságát kifejező, a sugárzás fajtájától és a besugárzás körülményeitől függő súlytényezők szorzata. A legfontosabb súlytényező a sugárzás fajtájára jellemző Q-faktor. Értéke röntgen- és gammasugarakra, $0,03 \text{ MeV-nél}$ nagyobb energiájú elektronokra és pozitronokra 1 , lassú neutronokra $3\text{-}5$, gyors neutronokra és alfasugarakra 10 . Egysége: sievert (Sv). 1 Sv bármely ionizáló sugárzásnak az az elnyelt dózisa, amelynek emberre nézve ugyanakkora biológiai hatása van, mint 1 Gy elnyelt dózist létrehozó röntgensugárzásnak. (Régi egysége: rem. 1 rem bármely ionizáló sugárzásnak az az elnyelt dózisa, amelynek emberre nézve ugyanakkora a biológiai hatása, mint 1 rad elnyelt dózist létrehozó röntgensugárzásnak. $1 \text{ rem} = 10^2 \text{ Sv}$)

Az embert érő besugárzások korlátozása szempontjából 3 kategóriát különböztetünk meg (*Gallyas*, 1984):

A. kategória: olyan felnőtt személyek, akik munkájuk során rendszeresen ionizáló sugárzás hatásának vannak kitéve. Rendszeres egyéni orvosi és folyamatos sugárvédelmi ellenőrzés alatt állnak.

B. kategória: a népességet érő átlagértéknél nagyobb sugárterhelésnek kitett személyek.

C. kategória: a népességnek az A és B kategóriába nem tartozó része.

Az egyén, illetve a népesség számára még elfogadható kockázattal járó dózisokat MAXIMÁLIS MEGENGEDHETŐ DÓZISNAK (*MMD*) nevezzük.

Az *MMD* nem tolerancia dózis, mert a szervezetet a legkisebb dózis is károsíthatja, az egyén károsodása viszont esetleg csak nagyobb, az *MMD*-nek többszörösét kitevő dózisok esetén mutatható ki.

A kritikus szervek csoportosítása (*Gallyas*, 1984):

- I. ivarmirigyek, vérképző szervek, egész test
- II. csont, pajzsmirigy, bőr
- III. kéz, alkar, lábfej
- IV. egyéb szervek

Nyitott radioaktív anyagok szétfolyás, párolgás stb. útján a felhasználás helyén a berendezésekre, padlóra, levegőbe, csatornarendszerbe és az emberi szervezetbe kerülhetnek. A szervezetbe jutó izotópok veszélyesebbek, mint a hasonló aktivitású külső sugárforrások, mert közvetlen közletről, minden védelem nélkül mindaddig sugározzák a test sejtjeit, míg el nem bomlanak vagy amíg a szervezetből ki nem ürülnek.

Az egyes izotópoknak az átlag emberi testben MEGENGEDHETŐ MAXIMÁLIS KONCENTRÁCIÓJÁT (*MMK*) úgy adják meg, hogy a kritikus szervek dózisterhelése éppen az *MMD* legyen a megadott szennyezettségű levegő (A. kategória), illetve víz (C. kategória) folyamatos fogyasztása révén.

Az ipari termékekben a szennyező radioizotópok *MMK*-ja – függetlenül a termék halmazállapotától – nem haladhatja meg (*Gallyas*, 1984):

- 60 napnál rövidebb felezési idejű izotópok esetében az ivóvízre vonatkozó *MMK* értékének 100-szorosát,
- 60 napnál hosszabb felezési idejű izotópok esetében az ivóvízre vonatkozó *MMK* érték 10-szeresét.

Lásd még: Alfa-sugárzás, Béta-sugárzás, Gamma-sugárzás, Ionizáló sugárzás, Neutronsugárzás, Röntgensugárzás, Sugárvédő beton, Sugárzás, Tufa

Sugárvédő beton, sugárvédő nehézbeton

A sugárvédő beton, a sugárvédő nehézbeton tervezési élettartama 100 év. Az MSZ 4798:2016/4M:2023 magyar betonszabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú műtárgyak, úgy nevezett monumentális építmények tervezése, készítése és ellenőrzése esetén a betonnyomószilárdság ~50%-os elfogadási valószínűséggel és *Student*-tényezővel való értékelése, valamint a betonfedés követelménye *előírás*, azaz alkalmazása *kötelező*!

A sugárvédő beton az ionizáló sugárzás ellen hivatott védelmet nyújtani.

A betonnal gyengíthető ionizáló hatása a röntgensugaraknak, a radioaktív alfa-, béta- és gamma-sugaraknak, valamint a magreaktorokban fellépő neutronsugaraknak van. (*Balázs*, 2010)

A röntgensugárzás nagyobb része káros, és káros a sugárzást ért testek másodlagos (szekunder) sugárzása is, amelyek ellen ólomréteggel, vagy ezt helyettesítő egyéb anyagokkal (például vas, horgany, baritvakolat, beton stb.) szokás. A tapasztalatok szerint a szokványos adalékanyaggal készített, legalább 2400 kg/m³ testsűrűségű beton 200 kV röntgensugár-feszültségig, e felett a legalább 3000 kg/m³ testsűrűségű nehézbeton 30 cm vastagságban elegendő a röntgensugárzás elleni védelemre. (*Balázs*, 2010)

Az alfa-sugarak és a béta-sugarak leárnyékolása általában mm nagyságrendű anyagvastagsággal megoldható. (*Balázs*, 2010)

A gamma-sugarak a röntgensugarakkal rokon tulajdonságúak, de energiájuk nagyobb, ezért az ellenük való védekezéshez vastagabb ólomfalra, vagy más, azt helyettesítő anyagra van szükség. A gamma-sugarak elleni védekezéshez nagy atomtömegű és nagy testsűrűségű anyagokat, például nehézbetont kell használni. (Balázs, 2010)

A neutronsugárzást vízréteggel lehet lassítani, de a másodlagos gamma-sugárzás miatt a neutronsugárzás elleni védelemül a nagy testsűrűségű és nagy hidrátvíz-tartalmú hidrátbetonok alkalmasak. (Balázs, 2010)

A sugárvédő nehéz- és hidrátbetonok fogalmairól a sugárvédő betonból tervezendő szerkezetekről, a sugárvédő betonokhoz felhasználható anyagokról, a sugárvédő betonok tervezési feltételeiről, összetételéről, készítéséről, minőségellenőrzéséről az egykori MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 12. fejezetében lehet olvasni.

Az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 12. fejezete szerint:

- A *sugárvédő beton* az ionizáló sugárzások valamely fajtája ellen biológiai védelmet nyújtó betonfajta; megfelelően megválasztott összetételének a következtében elnyeli a röntgen-, a gamma- és/vagy a neutronsugarakat. A sugárvédő beton fajtái: nehézbeton, hidrátbeton és közönséges beton.
- A *nehézbeton* főleg nagy rendszámú elemekből áll; elsősorban a röntgen és a gamma sugarak ellen nyújt védelmet. Legfontosabb jellemzője a testsűrűség. Sugárvédő képessége a testsűrűség növekedésével nő.
- A *hidrátbeton* kis és nagy rendszámú elemeket egyaránt tartalmaz és a neutron sugárzás ellen nyújt védelmet. Legfontosabb jellemzője a kémiaileg kötött víztartalom (hidrátvíz).
- A *nehéz adalékanyag* nagy rendszámú elemekből álló, legalább 3,5 t/m³ testsűrűségű különleges adalékanyag.
- A *hidrátvíz-tartalmú adalékanyag* kémiaileg kötött vizet nagyobb mennyiségben tartalmazó különleges adalékanyag
- A *bórtartalmú kiegészítőanyag* a lassú és a termikus neutronok befogására adagolt különleges anyag.

Minden beton- vagy vasbetonszerkezetet, amelyet a biológiailag káros sugárzások valamelyik fajtája elleni védelem céljára készítenek, az adott célra alkalmas sugárvédő betonból kell tervezni. A sugárvédő betonból tervezendő szerkezetek a teljesség igénye nélkül a következők:

- *Reaktorok* sugárvédő szerkezetei: stabil reaktorok, mobil reaktorok.
- *Helyiségek* sugárvédő szerkezetei: röntgen besugárzók, izotópos besugárzók, gyorsítók (lineáris és ciklotron), amelyek lehetnek kutatási célúak, ipari alkalmazásra készített vagy mezőgazdaságban alkalmazott helyiségek, továbbá életvédelmi helyiségek (óvóhelyek).
- Különleges rendeltetésű *fülkék és fülkesorok*: gamma-fülkék, bontó és átrakó fülkék, ciklotron (besugárzó) fülkék, trezorok, különleges szállító csatornák és felvonók.
- *Hulladéktárolók*: szilárd hulladéktároló bunkerek, folyadék hulladéktároló tartályok.
- *Nyílászáró és határoló* sugárvédő szerkezetek: stabil nyíláshatárolók, mobil nyílászárók.

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a sugárvédő nehézbetonok adalékanyaga és testsűrűségi osztálya a kiszáritott állapotban mért testsűrűség alapján az 1.5.S8. táblázat szerinti.

1.5.S8. táblázat: A 60 °C hőmérsékleten kiszárított szilárd nehézbeton testsűrűségi osztályai és adalékanyagai (MSZ 4798:2016/4M:2023)

Nehézbetonok testsűrűségi osztályai					
D2,6	D3,1	D3,6	D4,1	D4,6	D5,6
A kiszárított állapotú szilárd nehézbeton testsűrűségének tartománya az MSZ EN 12390-7:2019 szerint vizsgálva, egyedi érték, kg/m ³					
> 2600 és ≤ 3100	> 3100 és ≤ 3600	> 3600 és ≤ 4100	> 4100 és ≤ 4600	> 4600 és ≤ 5600	> 5600 és ≤ 6600
Megjegyzés: A megszilárdult nehézbeton testsűrűségének előírása a tervező, a nehézbeton összetételének megtervezése a betontechnológus feladata.					
Ajánlott nehéz adalékanyag (és testsűrűsége, kg/dm ³), például					
Barit (4,0-4,3), Ilmenit (4,55-4,65), Magnetit (4,65-4,8), Hematit (4,7-4,9)		Magnetit (4,65-4,8), Hematit (4,7-4,9), Ferroszilícium (5,8-6,2), Ferrofoszfor (6,0-6,2), Fe-granulátum ≤ 8 mm (6,8-7,5)		Fe-granulátum ≤ 8 mm (6,8-7,5), Fe-homok 0,2-3,0 mm (7,5-7,6)	
A nehézbeton legalább 3000 kg/m ³ testsűrűségű nehéz adalékanyaggal készül.					

A sugárvédő betonok tervezésével például a tíz szabványból álló német DIN 25420 „Errichtung von Heißen Zellen aus Beton” szabványsorozat foglalkozik. A DIN 25413-1:2013 és DIN 25413-2:2013 szabvány szerint a sugárvédő nehézbeton testsűrűsége kiszárított állapotban legalább 2800 kg/m³, bár sugárvédő beton 2600 kg/m³-nél kisebb testsűrűségű betonból is készíthető. A sugárvédő nehézbeton nyomószilárdsági osztálya általában C20/25, C25/30 és C30/37 (*Zement-Merkblatt* B 10), illetve HC20/25, HC25/30 és HC30/37, ahol a HC nem szabványos betűjel a nehézbeton jelölésére.

A *DBV Merkblatt Strahlenschutzbeton* (1996) műszaki útmutatóban írják, hogy a sugárvédő betonok mindig a B II csoportba tartozó betonok (biztonsággal az Eurocode 2 szabvány szerinti mai legalább C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonok, lásd *könyvünk* 8.3. fejezetét); ezeknek a betonoknak a sugárzás csillapítása speciális tulajdonságnak számít. Ezekre a betonokra speciális követelmények vonatkoznak a gyártás, a feldolgozás és a felügyelet tekintetében. A nehéz adalékanyagokkal előállított sugárvédelmi betonok testsűrűsége általában > 2,80 kg/dm³, de a szokványos (normál) betonokat is előnyösen használják sugárvédelemre, például a reaktorépítésben. A nehéz adalékanyagokkal készített betonok terhelő- (ballaszt-) és hangszigetelő betonként is használhatók.

A sugárcsillapításhoz szükséges betontervezési adatokat, mint a testsűrűséget, a kötött víztartalmat és a kémiai összetételt, a beton összetevőinek kiválasztásához és a beton összetételének megtervezéséhez meg kell adni a sugárvédő beton betontechnológusa számára. Elvileg minden MSZ EN 197-1:2011 szerinti cement alkalmas sugárvédő beton készítéséhez, mégis előnyben kell részesíteni azokat a cementeket, amelyek pozitív hatással vannak a sugárvédő szerkezetek repedésmentességére és a friss beton bedolgozhatóságára.

A sugárvédő beton adalékanyaga természetes nehéz adalékanyag (barit, magnetit, hematit, ilmenit), mesterséges nehéz adalékanyag (nehéz salak, ferrofoszfor, ferroszilícium, vasdara, acélhomok), kristályvíz tartalmú adalékanyag (limonit, szerpentin) vagy börtartalmú (kolemanit, bórfritt, bórkalcit, bórpor, bórkarbid) adalékanyag lehet. A sugárvédő beton adalékanyagainak testsűrűsége – a szerpentin és a börtartalmú adalékanyagok kivételével – legalább 3000 kg/m³, nyomószilárdsága általában legalább 80 N/mm²; szemmegoszlási görbéje

kövesse a *Fuller*-görbét (*Fuller*-parabolát), amelynek ordináta-értékeit az adalékanyagok eltérő testsűrűsége miatt mindig térfogatszázalékban kell kifejezni.

A természetes eredetű nehéz adalékanyaggal készített beton adott konzisztenciához szükséges víztartalma általában nem tér el jelentősen az ugyanolyan konzisztenciájú normál adalékanyagú beton szükséges víztartalmától. A mesterséges vastartalmú adalékanyagok általában akkor is csökkentik a vízigényt, ha a finomszemek (0/2 mm) aránya nem túl nagy. Ezzel szemben a börtartalmú adalékanyagok növelik a vízigényt.

A betontervezés során az adalékanyagok felületi nedvességtartalmát mindig figyelembe kell venni. Annak ellenére, hogy a normál és nehéz adalékanyagok térfogatszázalékban kifejezett felületi nedvességtartalma azonos, a nehéz adalékanyag tömegszázalékban kifejezett felületi nedvességtartalma - a nehéz adalékanyag nagyobb testsűrűsége miatt - kisebb, mint a normál adalékanyag tömegszázalékban kifejezett felületi nedvességtartalma. Ezért az adalékanyag teljes felületi nedvességtartalmát az adalékanyag frakciók felületi nedvességtartalmának összegeként kell kiszámítani.

Különböző testsűrűségű adalékanyagokból készült nehézbeton könnyen szétosztályozódik, ha a konzisztenciája túl lágy és/vagy a habarcs mennyisége túl nagy.

Mivel az adalékszerek és a nehéz adalékanyagok közötti reakciók nem zárhatók ki, ezért kiterjesztett alkalmassági vizsgálatokat kell végezni (az adalékszer nélküli és az adalékszeres beton kötésének és szilárdulásának összehasonlító ellenőrzése). Az eddigi tapasztalatok szerint a folyósító adalékszerek és a kötéseleltető adalékszerek a természetes nehéz adalékanyagokkal készített betonok tulajdonságait nem károsítja.

A betonnak a neutronsugárzás ellen védő kristályvíz-tartalma az adalékanyag kristályvíz-tartalmából és a cementkőben megkötött vízből (w_{zemgeb}) tevődik össze.

„Normál” éghajlati viszonyok között a limonit adalékanyag kristályvíz-tartalma 10-12 tömeg%, a szerpentin adalékanyag kristályvíz-tartalma 11-13 tömeg%. Az adalékanyag kristályvíz-tartalma izzítással határozható meg.

A limonittal készült sugárvédő betonok mintegy 150 °C üzemi hőmérsékletig és a szerpentin felhasználásával készült sugárvédő betonok mintegy 350 °C üzemi hőmérsékletig kellően nagy kristályvíz-tartalommal rendelkeznek. A szerpentin általában előnyösebben viselkedik, mint a limonit. A nehéz adalékanyagok kémiai hatásokkal szembeni ellenállását meg vizsgálni.

A teljesen hidratált száraz cementkőben kémiailag és fizikailag kötött víztartalom hozzávetőleges fajlagos mennyisége a mindennapi (normál) környezetben („Wohnklima”) lévő betonban a

$$w_{\text{zemgeb}} = 0,2 \times z + 30 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

képlettel számítható ki, ahol z = a beton cement-tartalma és 30 a fizikailag kötött nedvesség mennyisége, mind a kettő kg/m^3 mértékegységben.

A z cement-tartalom szorzója, ha a víz-cement tényező 0,5 vagy annál kisebb ($x \leq 0,5$), akkor:

- kiszáradástól védett betonelem vagy tömegbeton esetén 3 hónapos korban: 0,19-0,21;
- CEM I portlandcement esetén szokásos (normál) tárolás mellett, 28 napos korban: 0,16-0,18;
- CEM III kohósalakcement esetén szokásos (normál) tárolás mellett, 28 napos korban: 0,14-0,16.

Ha pedig a víz-cement tényező nagyobb, mint 0,5 ($x > 0,5$), akkor:

- kiszáradástól védett betonelem vagy tömegbeton esetén 3 hónapos korban: 0,21-0,23;
- CEM I portlandcement esetén szokásos (normál) tárolás mellett, 28 napos korban: 0,17-0,19;
- CEM III kohósalakcement esetén szokásos (normál) tárolás mellett, 28 napos korban: 0,15-0,17.

Teljesen hidratált állapotban az általános felhasználású cementek (MSZ EN 197-1:2011) keverővíznek a cement tömegére vonatkoztatott körülbelül 20%-át kötik meg. Bár az alumínában gazdag cementek (timföldcement) kémiai vízmegkötő képessége valamivel nagyobb, ez az előny nem használható fel a reaktorszerkezet tömegbeton elemeinél, mert az alumínium-oxid-cement gyors kötése során nagy mennyiségű hidratációs hő szabadul fel (Walz et al., 1962).

A megfelelően nagy testsűrűségű ($\rho_{\text{szilárd beton}}$) szilárd sugárvédő beton friss állapotban beállítandó testsűrűségét ($\rho_{\text{friss beton}}$) a következő képlettel becsülhetjük meg:

$$\rho_{\text{friss beton}} = \rho_{\text{szilárd beton}} + t \times s + w_v \text{ [kg/m}^3\text{]}, \text{ ahol:}$$

t = a Student-tényező;

s = a szilárd beton testsűrűségének szórása, amelynek közelítő értéke $s \approx 0,01 \times \rho_{\text{szilárd beton}}$ kg/m³;

w_v = a vízvesztesség kg/m³ mértékegységben.

A sugárvédő betonok nyomószilárdsági osztálya általában: C20/25 – C25/30.

A nehézbeton zsaluzatát és állványzatát a friss beton tervezett, szokásosnál nagyobb testsűrűségére kell méretezni.

A védőhüvelyekben lévő horgonyrudak (Ankerstäbe) alkalmazása hátrányos, mert a horgonyrudak eltávolítása után meglévő nyílásokat nehéz habarccsal megbízhatóan lezárni. Ezért a betonban bennmaradó horgonyrudakat és/vagy távtartókat célszerű használni. (DBV Merkblatt Strahlenschutzbeton, 1996)

A különböző cementekből és adalékanyagként különböző kőanyagokból készült betonok eltérő sugárzásállóságot mutatnak. A beton térfogata a radioaktív sugárzás okozta kristályrácszavarok hatására meredeken növekedhet. A beton sugárzásállóságát alapvetően az adalékanyag sugárzási ellenállása határozza meg, ezért adalékanyagként különösen sugárzásálló adalékanyagot kell alkalmazni. (Grübl et al., 2001)

Az atomreaktorok nyomástartó edényeiben a betont érő sugárterhelés a reaktor belsejétől kb. 45 cm távolságig olyan szintre emelkedhet, hogy a beton szilárdságának és merevségének csökkenésével kell számolni. A München II kutatóreaktor (FRM II) építése során a körülvevő falak, medencék és födémek nehézbetonból készültek minden olyan területen, ahol radioaktív sugárzásra számítottak. A várható kibocsátás intenzitásától függően három különböző térfogatsűrűségű betont használtak. Az egyik betonfajta testsűrűsége 3500 kg/m³ volt. Ehhez hematit adalékanyagot használtak. A 4500 kg/m³ testsűrűségű betonhoz a hematiton kívül acélgranulátumot is kevertek. A 6000 kg/m³ testsűrűségű betonokba acélgolyókat vibráltak, majd a hézagokba cementpépet injektáltak. A nagy szegregációs (szétosztályozódási) hajlam miatt földnedves betonokat (steife Betone) alkalmaztak. (Grübl et al., 2001)

Springenschmid (2007) szerint a jelentősen eltérő sűrűségű anyagokból álló sugárvédő friss betonok nagyon hajlamosak a szedimentációra (ülepedésre), ezért azokat földnedves konzisztenciával kell keverni. A nagy testsűrűségű finom és durva adalékanyagokkal készített betonok szivattyúzhatók. A beton készítése során figyelembe veendő a keverőüzemekkel szemben támasztott magas követelmény, a mixerek megszokottnál lényegesen kisebb töltési mennyisége, a teherhordó szerkezeti elemek szilárdsági és alakváltozási jellemzőinek kedvezőtlen változása nagyobb hőmérsékleten és nagyon erős sugárzás hatására.

Meiswinkel és szerzőtársai tanulmányában (Meiswinkel et al. in Beton-Kalender 2011. 1. kötet) olvasható, hogy míg az EN 206 és DIN 1045-2 szabvány szerint a száraz állapotú nehézbeton testsűrűsége nagyobb, mint 2,6 kg/dm³, addig a DIN 25413-1:2013 és DIN 25413-2:2013 szabvány meghatározása szerint a nehéz adalékanyagokkal készített sugárvédő beton testsűrűsége száraz állapotban általában meghaladja a 2,8 kg/dm³ értéket.

A nehézbeton építéshelyi bedolgozása a szokványos (normál) beton bedolgozásánál sokkal nehezebb. A nehéz adalékanyagok többnyire szögletes szemalakja és nagy testsűrűsége miatt a beton áramlási tulajdonságai a szokványos betonénál rosszabbak. (Meiswinkel et al., 2011)

Nehézbetonra, mint sugárvédelmi betonra gyakran az atomreaktorok nyomástartó edényének közvetlen közelében a biopajzs (Bioschild) részeként van szükség. Németországban a nehézbetont sugárvédelmi betonként már az 1960-as években, az első kísérleti-kutató nukleáris létesítmény építésénél használták, ahol annak idején öntöttvas-granulátummal $5,6 \text{ kg/dm}^3$ nehézbeton-testsűrűséget értek el. Napjainkban a nehézbeton adalékanyaga egyebek között a jobb bedolgozhatóság miatt magnetit, szerpentin, hematit vagy barit, esetenként vasgranulátum. Így például 340 kg/m^3 cementtartalommal (CEM III/B 32,5), 170 kg/m^3 víztartalommal, 1410 kg/m^3 0-6 mm szemnagyságú hematittal, 1680 kg/m^3 6-25 mm szemnagyságú hematittal és 150 kg/m^3 0-8 mm szemnagyságú homokkal $3,6 \text{ kg/dm}^3$ testsűrűségű nehézbeton gyártható. A 0-8 mm-es homok helyett 890 kg/m^3 0-8 mm szemnagyságú hematit, valamint 1920 kg/m^3 6-25 mm szemnagyságú hematit és 1350 kg/m^3 vasgranulátum alkalmazásával mintegy $4,5 \text{ kg/dm}^3$ térfogatsűrűségű nehézbetont tudunk készíteni. (Meiswinkel et al., 2011)

A fenn hivatkozott irodalmon kívül a sugárzással, sugárvédő betonokkal részletesebben foglalkozik például:

- Paks II.: „Atomenergetikai alapismeretek”, (é.n.);
<http://www.paks2.hu/hu/Atomenergia/IsmeretetoAlap/Lapok/default.aspx>;
- Országos Atomenergia Hivatal: „Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbetonszerkezetek”. N3a.29. sz. útmutató. Verzió szám: 1. 2021. november ([https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/ACA1C323EB58E62DC1257BE9002CD900/\\$File/N3a29_végleges.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/ACA1C323EB58E62DC1257BE9002CD900/$File/N3a29_végleges.pdf))
- Dr. Kovács Károly „Nukleáris alkalmazású vasbetonok” című tanulmánya (2019);
- az MSZ 62-3:2017 „Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 3. rész: A neutronsugárzás elleni védelem”
- Lohaus et al., 2011;
- Ardenne et al., 2005;
- MSZ 62-1:1989 „Ionizáló sugárzás elleni védelem. Általános előírások”. Visszavont szabvány

Lásd még: Fuller-görbe, Gamma-sugárzás, Hidrátbeton, Ionizáló sugárzás, Nehézbeton, Neutronsugárzás, Radioaktivitás, Röntgensugárzás, Sugárvédelem, Sugárzás

Sugárzás

A sugárzás az energia irányított, hullámok és/vagy részecskék formájában való terjedésének megnevezése. A sugárzás természete hullám és részecske kettősségű, hullámként és részecskéként is viselkedhet. A hullámok és/vagy részecskék az anyagon áthatolva elhajlással vagy szóródással, ütközéssel, abszorpcióval (a sugárzás gyengülésével vagy elnyelődésével) és emisszióval (hullámok kibocsátásával) elektromágneses sugárzás formájában, ~ 300 ezer km/s sebességgel (c) terjednek.

A sugárzás rezgésszáma (ν) és hullámhossza (λ) közötti kapcsolat: $\nu \times \lambda = c$, ahol c a hullám (az energia) terjedési sebessége; a fotonok energiája (E) pedig: $E = h \times \nu = h \times (c/\lambda)$, ahol h a Planck-állandó¹⁸⁴ (1.5.S9. táblázat). A rezgésszám (ν , frekvencia) és a hullámhossz (λ) fordítottan arányos, más szóval minél kisebb a hullámhossz, annál nagyobb a rezgésszám, illetve annál

¹⁸⁴ A Planck-állandó értéke: $h = 6.626.070.150 \times 10^{-34} \text{ kgm}^2/\text{s}$

nagyobb az energia, értsd alatta az energiakvantum¹⁸⁵. (*Neumüller szerk.*, 4. kötet, 1984), (*Meiswinkel et al.*, 2011), (*Lohaus et al.*, 2011)

A radioaktív sugarak jelentősen megváltoztathatják az anyagok szerkezetét és tulajdonságait. Kristályos anyagok esetében a nagy energiájú sugarak kilökhetik az atomokat a rácshelyzetükből, ami rácshibákat okoz, amelyek csökkentik a nem rugalmas alakváltozási képességet (például a fémek maradó, képlékeny alakíthatóságát). A műanyagok esetében a radioaktív sugárzással történő energiaellátás gyakran a térhálósodás mértékének növekedéséhez vezet, ami ridegséget eredményezhet. Az ionizáló sugárzás szabad vagy kombinált formában képes lebontani a vizet H₂ és O₂ képződésével. Továbbá a radioaktív sugárzás elleni árnyékolás során az energia nagy része hővé alakul, ami az árnyékoló anyag felmelegedéséhez vezet, ami beton esetén önmagában bizonyos mechanikai tulajdonságok károsodását okozhatja. (*Grübl et al.*, 2001)

A káros sugárzás ellen többek között sugárvédő betonnal védekezhetünk.

Springenschmid (2007) könyvében olvasható, hogy a betont sokoldalúan használják sugárvédelemre, például a kórházakban röntgensugárzás ellen, vagy az iparban. Még a kellően nagy vastagságú szokványos (normál) beton is véd a sugárzástól. Ha azonban el akarjuk kerülni a nagyon vastag betonfödémek és betonfalak alkalmazását, akkor a betont úgy kell a szokásos cementek és a különleges adalékanyagok alkalmazásával összeállítani, hogy sugárvédő betont kapjunk, amellyel fokozott sugárzás elleni védőhatást lehet elérni.

¹⁸⁵ A kvantum anyagi részecske, az energiakvantum a kvantumhoz tartozó energiamennyiség. A kvantum a fizikában a legkisebb adagot jelenti. Az elektromágneses sugárzás $E = h \times \nu$ energiaadagját, energiakvantumát fotonnak nevezzük

1.5.S9. táblázat: Az elektromágneses hullámok tartományok. Jelmagyarázat: E = 1 mól kvantum energiája, ν = rezgésszám (frekvencia), λ = hullámhossz (*Neumüller szerk.*, 4. kötet, 1984)

E [J]	ν [Hz]	λ [cm]	Elektromágneses hullámok		
4×10^{-10}	1		Kisfrekvenciájú tartomány		Váltakozó áram
		3×10^9			
4×10^{-8}	10^2				
		3×10^7			
4×10^{-6}	10^4				
		3×10^5	Nagyfrekvenciájú tartomány		Rádióhullámok
4×10^{-4}	10^6				
		3×10^3			
4×10^{-2}	10^8				
4	10^{10}				
		3×10^{-1}	Optikai tartomány		Mikrohullámok
4×10^2	10^{12}				
		3×10^{-3}			
4×10^4	10^{14}				
		3×10^{-5}			
4×10^6	10^{16}				Infravörös
		3×10^{-7}			
4×10^8	10^{18}				
		3×10^{-9}			
4×10^{10}	10^{20}				
		3×10^{-11}			Látható fény Ultraibolya
4×10^{12}	10^{22}				
		3×10^{-13}			
4×10^{14}	10^{24}				
					Röntgensugárzás
					Gamma-sugárzás
					Kozmikus sugárzás

Minden természetes talaj, kőzet és föld, valamint a belőlük készült építőanyag – így a cement, az adalékanyag és a beton is – kis mennyiségben tartalmaz radioaktív anyagokat, úgy nevezett radionuklidokat. Lényegében ezek a rádium-226, a tórium-232 és a kálium-40. A radionuklid-tartalom és így a fajlagos aktivitás is az egyes anyagfajtáknál előfordulástól függően, széles határok között változik. Az építőanyagokban lévő radionuklidok relatív fajlagos

radioaktivitását, mint *sugárterhelést* a következő összegző-képlettel lehet kifejezni:

$$\text{Relatív fajlagos aktivitás} = \frac{a_{\text{Ra}}}{370} + \frac{a_{\text{Th}}}{259} + \frac{a_{\text{K}}}{4810}$$

ahol az összeadandók számlálójában lévő a_{Ra} , a_{Th} és a_{K} az építőanyagban lévő radionuklid (rádium-226, a tórium-232 és a kálium-40) fajlagos radioaktivitása Bq/kg mértékegységben, az összeadandók nevezőjében lévő szám pedig az egyes radionuklidok maximális megengedett legnagyobb koncentrációja szintén Bq/kg mértékegységben. A fenti összefüggést az irodalomban „leningrádi képlet”-nek szokták nevezni. (Brandt et al., 1993)

Néhány további, a sugárzással kapcsolatos meghatározás

(https://www.nkp.hu/tankonyv/fizika_10_nat2020/lecke_08_047):

- Az anyag radioaktivitásának nagyságát az aktivitási számértékkel fejezik ki. Az *aktivitás (radioaktivitás)* számértéke az egy másodperc alatt lejátszódó radioaktív bomlások száma a mintában. Mértékegysége: Bq (becquerel)
- A *fajlagos aktivitás (fajlagos radioaktivitás)* az egy kilogramm tömegű anyagban egy másodperc alatt lejátszódó radioaktív bomlások száma. Mértékegysége: Bq/kg
- Az emberi szervezetet ért sugárzás biológiai hatását leíró mennyiség az *effektív dózis*. Mértékegysége: Sv (sievert, ejtsd: szívert). 1 mSv (millisievert) = 1000 µSv (mikrosievert)
- Az emberi szervezetet egy év alatt érő sugárzás biológiai hatását leíró mennyiség a *sugárterhelés* = (effektív dózis)/év. Mértékegysége: Sv/év. Egy átlagos magyar lakos évente átlagosan 3-4 mSv (millisievert) dózisu sugárzást kap, azaz egy átlagos magyar lakos sugárterhelése 3-4 mSv/év, amelynek egy része természetes, másik része emberi tevékenységek következménye.
- A *fajlagos sugárterhelés* az egy kilogramm tömegű anyagban egy másodperc alatt lejátszódó radioaktív bomlások okozta sugárterhelés = sugárterhelés/(fajlagos radioaktivitás). Mértékegysége:

$$\frac{\frac{\text{mSv}}{\text{év}}}{\frac{\text{Bq}}{\text{kg}}} = \frac{\text{mSv} \cdot \text{kg}}{\text{Bq} \cdot \text{év}}$$

A rádium-226 okozta fajlagos sugárterhelés: 2,5 µSv·kg/Bq·év, a tórium-232 okozta fajlagos sugárterhelés: 3,7 µSv·kg/Bq·év és a kálium-40 okozta fajlagos sugárterhelés: 0,25 µSv·kg/Bq·év (<https://www.wecobis.de/service/lexikon/leningrader-summenformel-lex.html>)

Ha az építőanyag fenti összegző-képlettel meghatározott relatív fajlagos aktivitása kisebb, mint 1,0, akkor az építmény helyiségében az építőanyagból eredő sugárterhelés nagy biztonsággal 1,5 millisievert/év (mSv/év) alatt van; ugyanis az összegző-képlet azon a feltételezésen alapul, hogy a helyiség felülete kizárólag a vizsgálandó anyagból áll, és végtelenül vastag. (Brandt et al., 1993)

A beton relatív fajlagos radioaktivitásából a beton „száraz” alkotóanyagai tömegarányukban veszik ki részüket.

Ha a portlandcement relatív fajlagos aktivitása: 0,19, a homok és a kavics relatív fajlagos aktivitása: 0,16, a bazalt zúzottkő relatív fajlagos aktivitása: 0,35, az agyagkavics relatív fajlagos aktivitása: 0,49 (Brandt et al., 1993), akkor a beton száraz anyag tartalmának tömegarányától függően például:

- a $310/2165 = 0,143$ cement/(cement + homokos kavics) tömegarányú, $1855/2165 = 0,857$ (homokos kavics)/(cement + homokos kavics) tömegarányú, 180 kg/m^3 víztartalmú, friss állapotban 2345 kg/m^3 testsűrűségű *kavicsbeton* relatív fajlagos aktivitása:

$$0,143 \times 0,19 + 0,857 \times 0,16 = 0,164 < 1,0$$

- a $310/2315 = 0,134$ cement/(cement + homok + bazalt zúzottkő) tömegarányú, $530/2315 = 0,229$ homok/(cement + homok + bazalt zúzottkő) tömegarányú, $1475/2315 = 0,637$ (bazalt zúzottkő)/(cement + homok + bazalt zúzottkő) tömegarányú, 180 kg/m^3 víztartalmú, friss állapotban 2495 kg/m^3 testsűrűségű *bazaltbeton* relatív fajlagos aktivitása:

$$0,134 \times 0,19 + 0,229 \times 0,16 + 0,637 \times 0,35 = 0,285 < 1,0$$

- a $310/1195 = 0,259$ cement/(cement + agyagkavics) tömegarányú, $885/1195 = 0,741$ agyagkavics/(cement + agyagkavics) tömegarányú, 210 kg/m^3 víztartalmú, friss állapotban 1405 kg/m^3 testsűrűségű *agyagkavics-könnyűbeton* relatív fajlagos aktivitása:

$$0,259 \times 0,19 + 0,741 \times 0,49 = 0,412 < 1,0$$

A példákból kitűnik, hogy a beton relatív fajlagos radioaktivitása szempontjából az adalékanyag szerepe sokkal nagyobb, mint a cement szerepe. (VÖZ– ÖBV, 1988)

A fenti „leningrádi képlet” radionuklidok kibocsátotta gamma-sugarak relatív fajlagos radioaktivitását fejezi ki, a radon nemesgáz relatív fajlagos radioaktivitást azonban nem veszi figyelembe.

Az építményekben lévő radon gáz számottevő része nem az építőanyagokból ered, hanem a talajból diffundál az épületbe. A lakó-, munka- és közösségi helyiségekben felhasznált építőanyagokból eredő gamma-sugár és radon együttes sugárterhelésének mértékét (a gamma-sugár és a radon együttes relatív fajlagos radioaktivitását) az ÖNORM S 5200:2009 osztrák szabvány szerinti következő összefüggéssel lehet kiszámítani:

ÖNORM S 5200: 2009 szabvány szerinti relatív fajlagos aktivitás =

$$= \frac{a_{\text{Ra}}}{880} \times (1 + 0,07 \times \varepsilon \times \rho \times d) + \frac{a_{\text{Th}}}{530} + \frac{a_{\text{K}}}{8800}$$

ahol:

ε = a radioaktív radon gáz emanációs (kisugárzódási) képessége (mértékegység nélküli szám), amely azt fejezi ki, hogy az építőanyagban termelődő radon teljes mennyiségének mekkora része kerül a környező levegőbe. Az ε olyan paraméter, amely elsősorban az építőanyag szerkezetétől függ, és csak az építőanyag reprezentatív mintájával határozható meg.

ρ = az építőanyag testsűrűsége, kg/m^3

d = az építőelem vastagsága, m. Legnagyobb számításba vehető értéke: $d = 0,3 \text{ m}$

Az ÖNORM S 5200:2009 szabvány szerinti összefüggés – szemben a „leningrádi képlettel” – nem $1,5 \text{ mSv/év}$ átlagos elfogadható sugárterhelés, hanem a gamma-sugarak és a radon gáz együtt okozta $2,2 \text{ mSv/év}$ megengedett sugárterhelés feltételezésén alapul. (Maringer, 2009)

Megjegyezzük, hogy az ÖNORM S 5200:2009 szabványt megelőző, visszavont ÖNORM S 5200:1988 szabványtervezében az átlagos elfogadható sugárterhelés $2,0 \text{ mSv/év}$ volt, a relatív fajlagos aktivitás összefüggése pedig a következő alakban szerepelt (VÖZ– ÖBV, 1988):

ÖNORM S 5200: 1988 szabványtervezet szerinti relatív fajlagos aktivitás =

$$= \frac{a_{\text{Ra}}}{740} \times (1 + 0,1 \times \varepsilon \times \rho \times d) + \frac{a_{\text{Th}}}{520} + \frac{a_{\text{K}}}{9620}$$

Tehát 1988-ban azt feltételezték, hogy ha e képlet összeadandóinak összege kisebb, mint 1,0, akkor egy lakónak – az építőanyagból eredő gamma-sugárzás és a radon gáz együtt okozta – sugárterhelése nem haladja meg a 2,0 mSv/év értéket. (VÖZ–ÖBV, 1988)

Lásd még: Gamma-sugárzás, Hidrátbeton, Ionizáló sugárzás, Nehézbeton, Neutronsugárzás, Radioaktivitás, Radon, Röntgensugárzás, Sugárvédelem, Sugárvédő beton

Sunnyasztott dolomit

Nem teljesen beoltott, porrá oltott égetett dolomit, dolomithidrát, amely a friss habarcsban vagy betonban duzzadás közben oltódik be teljesen, és ezzel csökkenti a habarcs vagy beton korai zsugorodását.

Súrlódás

A súrlódás az egymással érintkező testek, anyagok között viszonylagos elmozduláskor a mozgást akadályozó erő (Szilágyi M. főszerk., 1977), (Somogyi B.-né szerk., 1976).

A *külső súrlódás* szilárd testek, anyagok között elmozduláskor, a *belső súrlódás* (viszkózitás) gázokban, folyadékokban, folyadékszerű anyagokban áramláskor fellépő reakcióerő.

Lásd még: Csúszási súrlódás

Súrlódási tényező

Lásd: Csúszási súrlódás

Sűrűség fogalomköre

Az anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség fogalmak összefoglaló elnevezése.

Sűrűségfüggvény

Matematikai statisztikai fogalom. A mérési eredmények (mint valószínűségi változó) előfordulásának relatív gyakoriságát (p') írja le, ezért relatív gyakoriságfüggvénynek (relatív gyakorisági függvénynek) is nevezik. A sűrűségfüggvény alatti terület értéke 1,0, vagy százalékban kifejezve 100%. A $p'(x)$ sűrűségfüggvény egyes x_i abszcissza értékeitől balra vett görbe alatti területek értékét koordináta-rendszerbe felhordva a $p(x)$ eloszlásfüggvényt kapjuk:

$$P(x) = \int_0^x p'(x) \cdot dx$$

további szokásos jelölések:

$$F(x) = \int_0^x f(x) \cdot dx$$

ahol az x független változó jelölése más is lehet, például:

$$P_d = \int_0^d p_d \cdot dd$$

vagy például, ha a beton próbahenger nyomószilárdsága ($f_{c,cyl}$) a független változó:

$$p(f_{c,cyl}) = \int_0^x p'(f_{c,cyl}) \cdot df_{c,cyl}$$

Syngenit

Hidratációs termék, szulfátásvány, amely viszonylag ritkán előfordul a természetben is. Vegyjele: $K_2Ca(SO_4)_2 \times H_2O$. Syngenitet a természetben először a galíciai, ma ukrainai Kalus város melletti sóbányák területén találták. Az ásványt 1872-ben *Zepharovich*¹⁸⁶ írta le.

Szabad mész, szabad kalcium-oxid, CaO

Lásd: Pernye, Savanyú pernye

Szabad mészhidrát, szabad kalcium-hidroxid, szabad $Ca(OH)_2$, portlandit

Lásd: Karbonátosodás, Portlandit

Szabad víz

A szabad víz a cementkőből elgőzölhető víz egyik, legmozgékonyabb része, amely a hidratált cementszemcsék közötti pórusokban található. Kötőereje viszonylag gyenge, a szabad víz molekulái akár el is párologhatnak. Előfordul (például a német szakirodalomban), hogy a kapilláris víztől nem különböztetik meg.

Lásd még: Cementkőben lévő víz, Elgőzölhető víz, El nem gőzölhető víz

Szabadságfok

Ha n adat közül csak $n - m$ darab független, akkor a független adatoknak ezt a számát szabadságfoknak, esetleg szabadsági foknak (degree of freedom, DF) nevezik.

A szabadságfok egy kifejezésben azoknak az adatoknak a számát jelenti, amelyek szabadon megváltoztathatók az eredmény megváltozása nélkül. Például, ha 5 adat közül adott, hogy $x_1 = 24$, $x_2 = 31$, $x_3 = 27$, $x_4 = 22$ és $\sum_{i=1}^5 x_i = 130$, akkor az eredmény megváltoztatatlansága esetén az x_5 értéke csak 26 lehet, tehát az x_5 értéke nem független, hanem függő (a többi 4 adattól függő), azaz a példánkban szereplő kifejezés 4 szabadságfokú mert: szabadságfok = független adatok száma = összes adat száma – függő adatok száma = $5 - 1 = 4$.

A szabadságfokkal leggyakrabban a vizsgálati eredmények tapasztalati szórásnégyzetének kiszámításakor találkozunk, amelyet leíró összefüggés nevezőjében szerepel (ha a vizsgálati eredmények száma n , akkor a szabadságfok $f = n - 1$):

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

vagy találkozunk vele a matematikai táblázatokban is, amelyekben az alulmaradási tényezőket, például a *Student*-tényezőt a szabadságfok függvényében szokták megadni (például: visszavont MSZ 256-2:1973).

Ha az n elemű függvény (n az x független változó adatainak, például: $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ -nek a száma)

- egy-együtthetős (például az origón átmenő egyenes – amelynek megrajzolásához egy pontra van szükség – egyenlete, $y = a \times x$), akkor az x független változó szabadságfoka: $f = n - 1$;
- két-együtthetős (például az origón át nem menő egyenes – amelynek megrajzolásához két pontra van szükség – egyenlete, $y = a \times x + b$), akkor az x független változó szabadságfoka: $f = n - 2$;
- három-együtthetős (például a másodfokú parabola – amelynek megrajzolásához három pontra van szükség – általános egyenlete, $y = a \times x^2 + b \times x + c$), akkor az x független

¹⁸⁶ Victor Leopold Ritter von Zepharovich (1830, Bécs – 1890, Prága) osztrák mineralógus, 1857-1864 között a krakkói Jagello Egyetem, majd 1864 után a Prágai Egyetem ásványtan professzora. Nevéhez számos ásvány felfedezése fűződik.

változó szabadságfoka: $f = n - 3$;

és általánosságban, ha az n elemű függvény együtthatóinak száma p , akkor az x független változó szabadságfoka: $f = n - p$. Alkalmazására lásd például MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képletét.

Lásd még: Student-tényező

Szabvány

A 98/34/EK tanácsi irányelv megfogalmazásában a szabvány egy elismert szabványügyi testület által ismételt vagy folyamatos alkalmazás céljára jóváhagyott szabályozás (az irányelv fordításában műszaki leírás), amelynek betartása nem kötelező, és amely vagy nemzetközi, vagy európai, vagy nemzeti szabvány.

A kitételt miszerint a szabvány „betartása nem kötelező”, úgy értelmezzük, hogy a szabványok alkalmazásának önkéntesség nem azt jelenti, hogy egy termékkel a piacon a szabványnak vagy egyéb műszaki specifikációnak való megfelelés nélkül is meg lehet jelenni, hanem azt, hogy az Európai Unió szabad döntést enged a piac résztvevőinek abban, hogy az „alapvető” („lényeges”) építési követelményeknek milyen módon, milyen termékszabványok vagy egyéb műszaki specifikációk alkalmazásával felelnek meg. A szabvány kötelezővé válik, ha alkalmazásában a szerződő felek megállapodnak. Bírósági perek esetén pedig a bíróság a gyakorlati tapasztalatok szerint akkor is azt vizsgálja, hogy van-e a vitatott kérdésre választ adó szabvány, ha arról a szerződő felek külön nem állapodtak meg (*Forgács* 2004).

Szabványhomok

A szabványhomokot a cementszilárdság vizsgálati próbatestek készítéséhez évtizedek óta használják. Az MSZ EN 196-1:2016 szabvány szerint a CEN-szabványhomok szilícium-dioxid-tartalma legalább 98 tömeg%, szemalakja gömbölyű, szemnagysága négyzetlyukú szitán vizsgálva 0,08-2,00 mm. A szemek 67 ± 5 tömeg%-a 1,0 mm-nél, 33 ± 5 tömeg%-a 0,5 mm-nél finomabb (*1.5.Sz1. ábra*).



Egy keveréssel három 40×40×160 mm méretű cementhabarcs-próbahasáb készítéséhez 1350 ± 5 g szabványhomokra van szükség, amely előre csomagolva beszerezhető (1.5.Sz1. ábra).

1.5.Sz1. ábra: 36 adag előrecsomagolt szabványhomokot tartalmazó zsák

Szabvány jellege

A szabvány jellegének ismérvei a következők:

- az úgy nevezett forrásszabvány jogtulajdonos szabványügyi szervezete, más szóval: kiadója, közreadója, szerzője, amely felelős a szabvány tartalmáért és korszerűségéért, valamint jogában áll a szabványt módosítani és visszavonni (például ISO, CEN, MSZT). Nem tévesztendő össze a forrásszabványt átvevő (bevezető, honosító) szabványügyi szervezettel, amely a forrásszabvány tartalmáért nem felelős, a forrásszabvány szövegét nem változtathatja meg, a forrásszabványt nem vonhatja vissza stb.;
- a szabvány érvényének (alkalmazásának) geopolitikai egysége (nemzetközi, európai, nemzeti).

Ezen ismérvek alapján például:

- az MSZ ISO 80000-2:2012 szabvány, a DIN ISO 2859-1:2014 szabvány, az MSZ EN ISO 80000-1:2013 szabvány, a BS EN ISO 80000-9:2019 szabvány: *nemzetközi szabvány*;
- az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány, az NF EN 206:2016 szabvány: *európai szabvány*;
- az MSZ 4798:2016 szabvány: *magyar nemzeti szabvány*.

A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény 1. számú melléklete szerint a nemzeti szabványosítás valamely meghatározott ország szintjén végzett szabványosítás, míg az európai szabványosítás az Európai Szabványügyi Szervezetek (CEN, CENELEC, ETSI) keretében folyó szabványosítás, az európai szabvány pedig olyan szabvány, amelyet európai szabványügyi szervezet fogadott el, és tett a közösség számára hozzáférhetővé.

Szakadás utáni nyúlás

Lásd: Maradó nyúlás szakadás után, Teljes nyúlás szakadáskor

Szakadási egyenletes maradó nyúlás

Lásd: Egyenletes maradó nyúlás szakadás után

Szakadási nyúlás, Szakadónyúlás

Lásd: Maradó nyúlás szakadás után, Teljes nyúlás szakadáskor

Szakadótörés

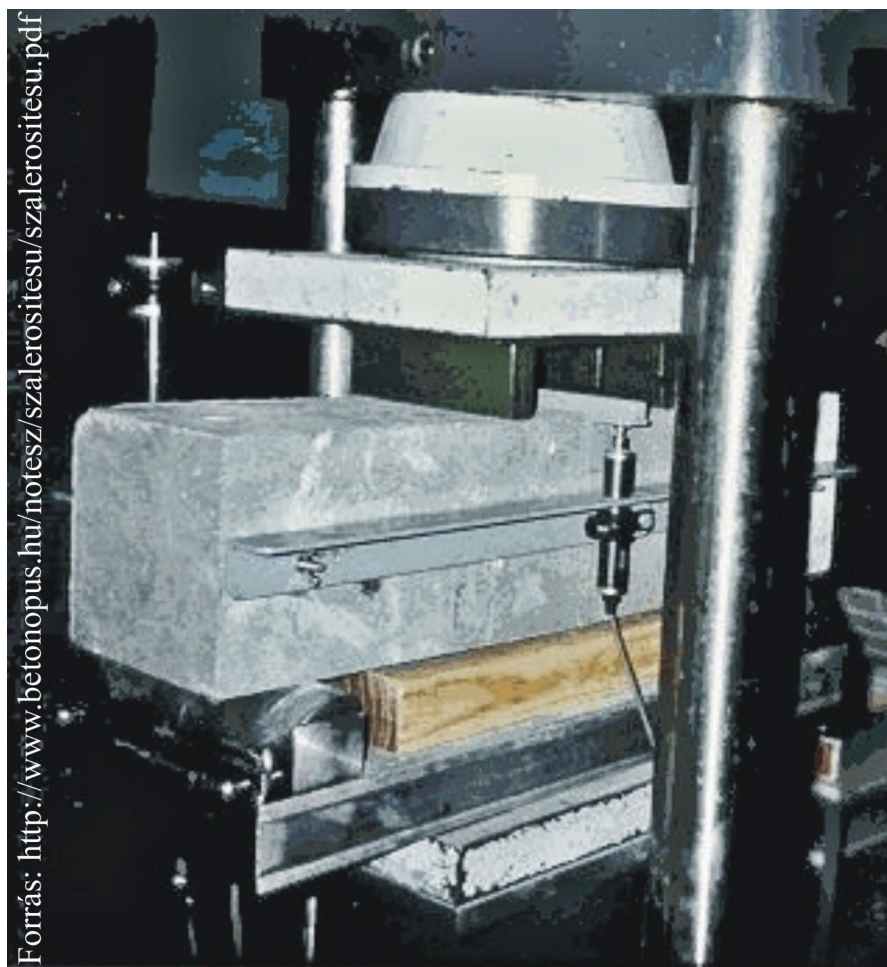
Lásd: Töréskép

Szálerősítésű beton

Angolul: Fibre reinforced concrete

Németül: Faserbeton

A szálerősítésű beton használatának kezdetét 1874. évre teszik, amikor is *A. Berand* fémhulladékot kevert a betonba, és ezt az eljárást szabadalmaztatta (*Nemegeer et al.*, 1993). A fejlődés első periódusa 1960-ig tartott, és azt a szálerősítésű beton ritka alkalmazása jellemezte. Használata a második periódus kezdetén, az 1960-as évek elején lendült fel (*Szabó*, 1976), (*Dombi*, 1976). A harmadik periódus kezdetét 1990-re tehetjük, amikor is egyre szélesebb körben végeztek kutatásokat (*1.5.Sz2.* és *1.5.Sz3. ábra*), és a szálerősítésű beton sokféle alkalmazását dolgozták ki és valósították meg (*Kausay*, 1993, 1994), (*Balázs L. szerk.*, 1999), (*Holschemacher et al.*, 2017).



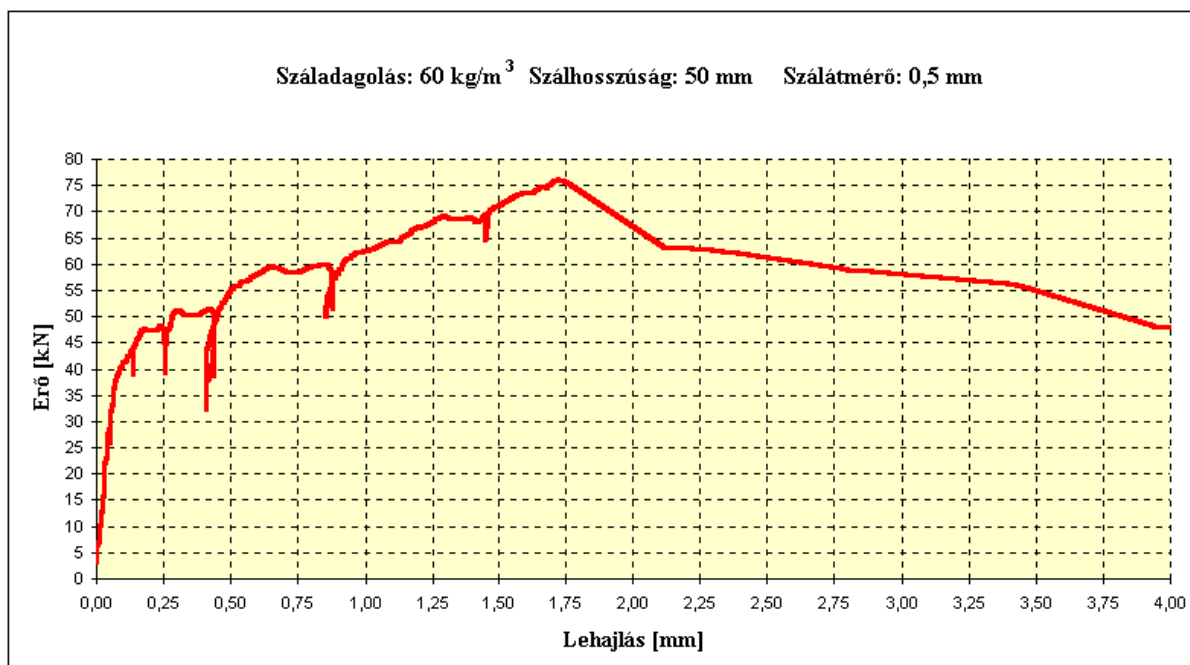
Forrás: <http://www.betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf>

1.5.Sz2. ábra:

Az acélszál-erősítésű beton-próbasáb hajlító-húzó-szívósságának vizsgálata.

Forrás:

<http://betonopus.hu>



1.5.Sz3. ábra: Példa az acélszál-erősítésű beton próbasáb hajlító-húzó erő-lehajlás diagramjára, C35/45 nyomószilárdságú beton, 16 mm legnagyobb szemnagyság és hajlított végű Dramix szálak alkalmazása esetén.

Forrás: <http://betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf>

A szálerősítésű betonok a normál betonokhoz képest számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek: friss állapotukban állékonyabbak, zsugorodási repedésérzékenyséjük kisebb, gőzölés nélkül is korán kiszaluzhatók, hajlító-húzószilárdságuk, ütőszilárdságuk, dinamikai ellenállásuk, kopásállóságuk nagyobb, vízzáróságuk, korrózióállóságuk jobb, a hálósan vasalt betonnál könnyebben kivitelezhetők, a szálerősítésű lőttbetonok visszahullása az átlagosnál kisebb. E kedvező tulajdonságok teszik a szálerősítésű betont alkalmassá arra, hogy belőle vékony falú és egyéb monolit vagy előregyártott szerkezetek és elemek készüljenek. A szálerősítésű betont jól lehet használni repülőtéri, út- és térburkolati pályabetonok, ipari padlóburkolatok, lőttbetonok, alagutak, csatornák, bányabiztosítások, trezor építmények, ipari olajfelfogó tálcák, tömegbetonok, dinamikus igénybe vett szerkezetek, előregyártott betonelemek készítésére, mindezek és az egyéb statikailag és korrozív módon károsodott szerkezetek, például földemek helyreállítására és megerősítésére.

(<http://www.betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf>)

A beton számos előnyös tulajdonsága mellett hátrány, hogy a nyomószilárdságához viszonyítva kicsi a húzószilárdsága és ridegen törik. E kedvezőtlen tulajdonságok egyebek mellett (például acélbetét, textilerősítés, szálak-lamellák alkalmazása) a betonba, illetve a felületére helyezett rúdalakú vagy többdimenziós erősítő elemekkel, vagy a betonba kevert rövid acél-, üveg-, műanyag- stb. szálakkal, illetve mindezek kombinációjával mérsékelhetők.

A beton és a szálerősítésű beton szilárdság-alakváltozási anyagmodellje különbözik egymástól. A beton szilárdságtani és alakváltozási szempontból rugalmas-kvázi-képlékeny anyag, amelyben a rugalmas fázist az adalékanyag, a kvázi-képlékeny fázist a cementkő képviseli. Ha a betonba megfelelő minőségű és mennyiségű szálakat keverünk, akkor megváltozik a cementkő törési alakváltozása, a beton megrepedése után gyakorlatilag képlékenyen viselkedik, elveszti ridegségét, szívóssá válik, alkalmazható rá az ideálisan rugalmas-képlékeny anyagmodell. A szívósság egy kifejezetten negyedik dimenziós jelenség, amelynek alapvető jelentősége van minden teherhordó szerkezetben, illetve annak méretezése során. A szívósságmérés mutat rá arra, hogy a szálerősítésű beton a beton megrepedését követően is képes terhelések hordására, szívósan és képlékenyen viselkedik, szemben a szálerősítés nélküli betonnal, amely ridegen törik, és képlékeny tartománnyal nem rendelkezik. A szálerősítésű beton szívósságát legkézenfekvőbb hajlító-húzószívóssággal kifejezni, meghatározásához pedig célszerű áttekinteni a szabványokban tükröződő nemzeti felfogásokat.

(<http://www.betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf>)

Az erősítőszálak betonba keverendő hatékony mennyisége általában a beton 1,0 térfogatszázaléka, ultra nagyszilárdságú beton (nyomószilárdsága általában legalább 150 N/mm²) esetén 2-3 térfogatszázalék (<https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>).

Ausztriában 1999 és 2002 között tervezők, erősítőszál-gyártók, egyetemek, kutatóintézetek és kivitelező cégek közreműködésével kidolgozták a szálerősítésű betonnal foglalkozó ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelvet, amely a szálerősítésű betonok tulajdonságainak fogalom-meghatározásával, a szálerősítésű beton anyagjellemzőivel, követelményeivel, tervezési szabályaival stb. foglalkozik.

A betonokhoz és habarcsokhoz – beleértve a lőttbetont, az ipari padlóbetont, az előregyártott betont, a monolit betont és a javító betont is – alkalmazható erősítő szálak anyagfajták szerinti főbb csoportjai a következők: az acél-, az üveg-, a polimer-, a szénszálak, a természetes szálak és a kerámia szálak. Az acélszálak tulajdonságait és követelményeit az MSZ EN 14889-1:2007, a polimer szálakét pedig az MSZ EN 14889-2:2007 szabvány tartalmazza.

Betonipari felhasználásra gyakorlatban elsősorban az acélszálak, lúgálló (alkáli rezisztens) üvegszálak, valamint az egymással is előnyösen kombinálható polimer- és szénszálak ("szálkóktél") honosodtak meg (1.5.Sz4. ábra). A legáltalánosabban alkalmazott száltípusok tulajdonságait az 1.5.Sz1. táblázat tartalmazza (Holschemacher et al., 2017)

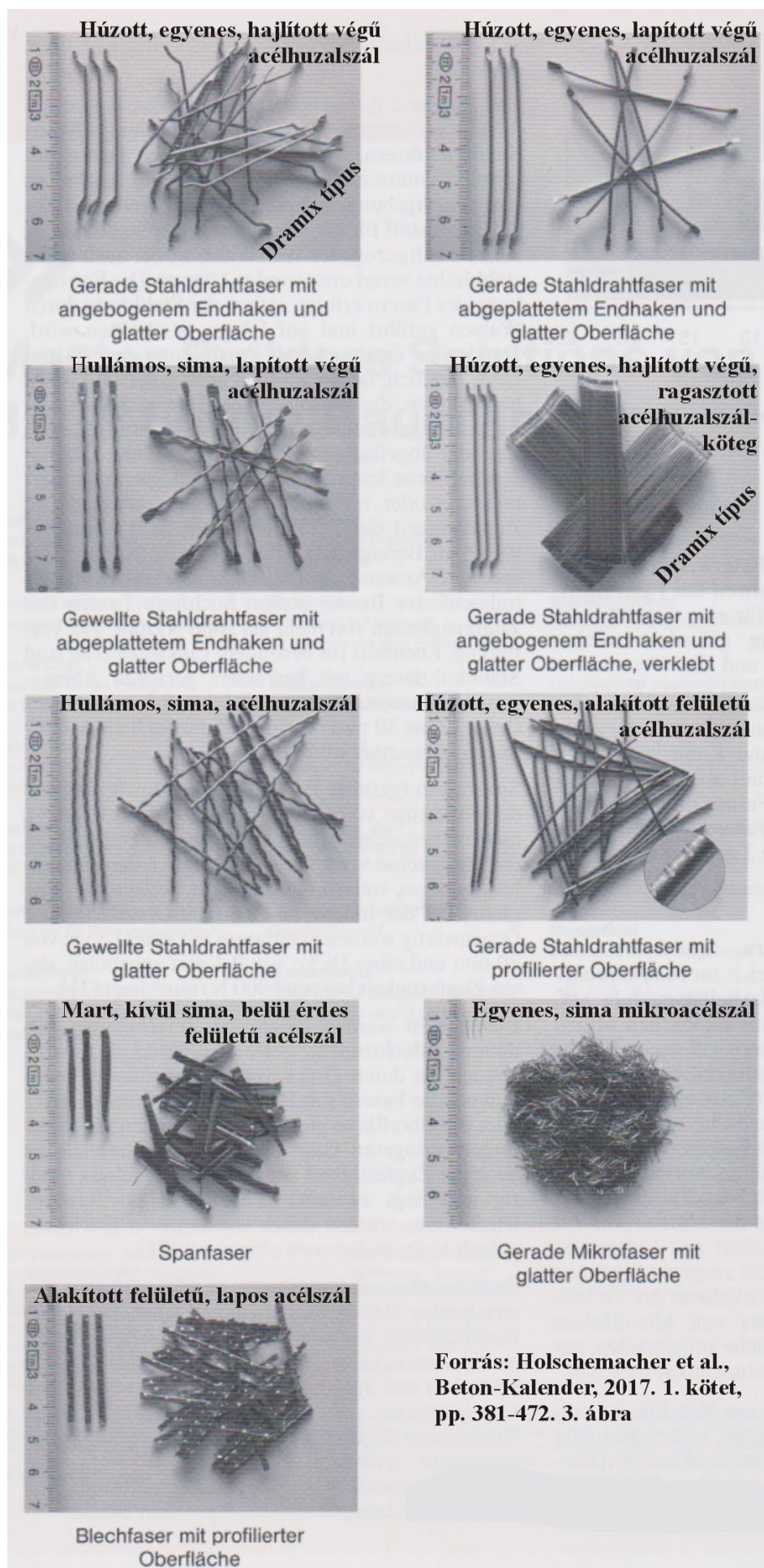
Az üveg-, a polimer- és a szén-erősítőszálakat – megkülönböztetésül az acélszálaiktól – egy szóval szintetikus-szálaknak (mesterségesen készített szálaknak) is nevezik. (*Holschemacher et al., 2017*)

1.5.Sz1. táblázat: A szálerősítésű beton készítéséhez legáltalánosabban használt száltípusok tulajdonságai (*Springenschmid*, 2007 és 2018), (*Holschemacher et al.*, 2017)

Faserart	Typischer Faser-durchmesser	Typische Faser-länge	Dichte	Elastizitätsmodul	Zug-festigkeit	Bruch-dehnung	Schmelz-punkt
Száltípus	Átmérő [μm]	Hossz [mm]	Sűrűség [g/cm ³]	Rugalm. modulus [kN/mm ²]	Húzó-szilárdság [N/mm ²]	Szakadási nyúlás [%]	Olvadás-pont [°C]
Metallische Fasern	Fémszálak						
– Stahldraht-fasern	100–1500	6,4–76	7,85	160–210	300–3000	1–10	1500
	Acélhuzalszálak						
– Spanfasern	400	30	7,85	210	900	Forgácsolt acélszálak	
– Blechfasern	400–650	12–50	7,85	210	270–1200	10	
	Lemezről vágott acélszálak						
Glasfasern (AR)			3–40	2,68–2,70	72–80	1500–3700	1,5–3,6
	AR üvegszálak						
– Filamente	12–20	Üvegszálfonalak					
– Integrale Fasern	200–550	Üvegszálkötegek					
Polypropylen Mikrofaseren	Polimer szálak Polipropilén mikroszálak						
– monofil	10–150	3–36	0,9	1,3–9,8	200–700	10–15	160–
– fibrilliert	50–100	6–19	0,9	3,5–10	320–400	5–15	166
Polypropylen Makrofaseren	300–1300	20–60	0,9	2–20	300–700	10–20	160–166
	Polipropilén makroszálak						
Polyacrylnitrilfasern	5–19	4–24	1,18	15–20	200–1000	6–50	>300
	Poliakril-nitril szálak						
Polyester-fasern	10–50		1,34–1,39	10–18	228–1300	8–150	256–280
	Poliészter szálak						
Vinylalfasern	14–600	6–30	1,30	29–50	800–1300	6–10	230
	Polivinil alkohol szálak						
Polyethylen-fasern	25–1000	6,7–12,7	0,92–0,96	2–5	80–600	3–400	134
	Polietilén szálak						
Carbonfasern	7–18	6		28–500	600–4800	0,5–2,0	400
	Szénszálak						
HT-Typ	5–9	6–12	1,6–1,7	230	3450–4000	1,0–1,5	
	High tenacity = Nagy szívósságú, szilárdságú szénszálak						
IM-Typ	5–10	6–12	1,7–1,9	280–400	3400–5900	1,0–1,9	
	Intermediate modul = Közepes húzási rugalm. modulusú szénszálak						
HM-Typ	5–8	6–12	1,6–1,7	380	2500–3000	0,5–0,7	
	High modul = Nagy húzási rugalmassági modulusú szénszálak						
Aramidfasern	10–12	12–20	1,44	30–130	600–2930	1,8–4,4	480
	Aramid szálak (Aromás poliamid szálak)						

Holschemacher, K et al.: Grundlagen des Faserbetons. Beton-Kalender. 2017. Band 1., pp. 381–472., Jahrgang 106., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Holschemacher, K et al.: Grundlagen des Faserbetons. Beton-Kalender. 2017. Band 1., pp. 381–472., Jahrgang 106., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

**1.5.Sz4. ábra:**

Különböző típusú acélszálak szálerősítésű beton készítéséhez. (Holschemacher et al., 2017)

A Beton-Kalender 2017. évi 1. kötetében megjelent tanulmány a szálerősítésű betonról (Holschemacher et al., 2017) összesen 552 irodalmi hivatkozást tartalmaz.

Forrás: Holschemacher et al., Beton-Kalender, 2017. 1. kötet, pp. 381-472. 3. ábra

Springenschmid (2007 és 2018) könyvében olvashatjuk, hogy a beton erősítésére az acélszálak mellett lúgálló üvegből (AR-üvegből), valamint polimerből készült szálakat, például polipropilén-szálakat, esetenként poliakril-nitril-szálakat és aramidot (azaz különleges szerkezetű poliamidokat) vagy poliészter-szálakat, ezen túlmenően hosszú szálként szénből (karbonból) készült polimer-szálakat is használnak, amely utóbbiak különösen jó minőségűek.

Az acélszálak acélhuzalból készülnek, sima vagy profilozott véghorgokkal vagy hullámosak, vagy acéltömbökből marják, ez utóbbiak neve forgácsolt szál (Spanfaser). A szálak acéllemezből (Stahlblech) is vágathatók, amelyek vágás véghorgokat kapnak. Az acélhuzalszálak (Stahldrahtfaser) szakítószilárdsága nagyobb, mint a fémlemez szálaké (Blechfaser). A forgácsolt szálak viszonylag törekenyek, de alakjuknak köszönhetően jól tapadnak. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

A 0,012 és 0,020 mm közötti átmérőjű üvegszálak szakítószilárdsága az ablaküveghez (E-üveghez) képest igen nagy, 2000 N/mm² és 3700 N/mm² közötti érték, rugalmassági modulusa pedig körülbelül kétszer akkora, mint a betoné. Az üvegszálakat epoxi vagy poliészter gyanták megerősítésére évtizedek óta használják például csónakok és repülőgépek gyártásához, betonok erősítésére azonban csak azóta, amióta Angliában sikerült a nagy cirkónium-tartalmának köszönhetően a cementben lévő lúgok támadásának, ellenálló, „alkáli rezisztens”, ún. AR-üvegszálát kifejleszteni.¹⁸⁷ A nagyon sima üvegszálakat polimerrel vonják be. Az AR-üvegszálakat nem csak rövid szálként keverik a betonba, hanem 100-200 szálból álló szálköteggként (Bündel) végtelenül hosszú fonószálba, (Spinnfaden), ún. filament-szálba kötik textilbeton készítése céljából. Az 1,0 mm átmérőjű csavaratlan fonal (Roving) 10-40 filament-szálból áll. Ezek szálfátyollá (Vliese), hálóvá (Matte) és szövetté (Gewebe) is feldolgozhatók. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

A polipropilén-szálak igen elterjedtek és olcsók, de kis rugalmassági modulusuk miatt csak a fiatal betonban használhatók a korai repedések megelőzésére, ugyanakkor jelentősen javítják a beton tűzállóságát. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

A polipropilén-szálak¹⁸⁸ az alkálikus környezettel kémiaiilag összeférnek, a poliészter-szálak alkálikus környezetben tönkre mennek. A műszálak nem hőállóak és öregedésükre nem áll rendelkezésünkre elég adat. (*Palotás et al.*, 1980)

A szénszálak szilárdsága a kiváló minőségű acélok szilárdságánál is nagyobb, rugalmassági modulusuk olykor az acél rugalmassági modulusának kétszeresét is eléri, és ez ellensúlyozza a szakadási nyúlás kis értékét. A szénszál kilogrammonkénti ára körülbelül 16-szorosa az acélénak, de a szilárdsága akár 6-szor nagyobb, míg a sűrűsége csak negyede az acélénak. A szénszálakból textilbeton céljára sztirol-butadien kötással lágy, epoxi-gyanta kötással kemény szálkötegeket (Faserbündel) is gyártanak. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

Az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) szálerősítésű beton és az ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) lövellt beton osztrák műszaki irányelv szerint a szálerősítésű betonok és a szálerősítésű lövellt betonok a következő legfontosabb különleges, anyagtani tulajdonságokkal rendelkeznek,

¹⁸⁷ Az angol *Pilkington*-cég az 1970-es évek derekán fejlesztette ki a cirkon-oxid tartalmú alkáli-rezisztens (AR) *Cem-fil üvegszál*at, amely a Ca(OH)₂-tartalmú (portlandit-tartalmú) cementkő (beton) erősítésére az E-üvegnél jobb, és amelytől azt várták, hogy a lúgos környezetben is szilárdságának legfeljebb 20%-át veszíti el. (*Palotás et al.*, 1980)

¹⁸⁸ A polipropilén-szálas betonerosítéshez a gondolatot az adta meg, hogy az előregyártott szerkezeti elemek egy részét csak a szerelési és szállítási terhek miatt kell vasalni, illetve túlvasalni. Továbbá a vasalás betonfedést is kíván, ami növeli az elem vastagságát. A polipropilén-szálas erősítés módszerét *caricrete-eljárás* címén a *Shell International Chem. Comp.* szabadalmaztatta az 1960-as évek végén. (*Palotás et al.*, 1980), (<https://casetext.com/case/synthetic-industries-texas-v-forta-fibre-inc>)

- az ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) műszaki irányelv szerinti *J* jelű korai nyomószilárdság, amelyet az MSZ EN 14488-2:2007 szabvány alapján vizsgálunk (A *J* korai nyomószilárdság fogalmát könyvünk „Lövelt beton” címszava alatt tárgyaljuk);
- az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerinti *T* jelű teherbírás-biztonság és *G* jelű használhatóság, amelyek meghatározása az EN 1990 Eurocode (MSZ EN 1990:2024) méretezési szabvány elvén alapul;
- az acélszál-erősítésű betonok és lövelt betonok megrepedés utáni viselkedése tekintetében:
 - az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerinti első repedéshez tartozó *BZ* jelű hajlító-húzószilárdság, amelyet az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány szerint vizsgálunk;
 - a *D* jelű alakváltozási tartománnyal és az *S* jelű legkisebb hajlító-húzószilárdsággal jellemzett, MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerinti D_i - S_i jelű maradó hajlító-húzószilárdság, amelyet az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány szerint vizsgálunk;
 - az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerinti *EV* jelű energiaelnyelő-képesség, más szóval hajlítási munkaképesség, illetve a hajlítási szívósság, amelyet kifejező hajlítási szívóssági munka-modulus az MSZ EN 14488-5:2006 szabvány szerint vizsgálándó;
- a polipropilén-szál-erősítésű betonok és lövelt betonok viselkedése tekintetében:
 - az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerinti *FS* jelű mérsékelt korai zsugorodási repedésképződés, amely szabványos vizsgálati módszer nélkül az MSZ EN 1504-10:2018 szabványban foglaltak figyelembevételével határozható meg;
 - az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerinti *BBG* jelű tűzállóság, amelyet a betonépítésű alagutak fokozott szerkezeti tűzvédelmét tárgyaló ÖVBB-Richtlinie Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke aus Beton (2015) műszaki irányelv szerinti nagyüzemi kísérletekkel vizsgálhatunk.

Az ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) műszaki irányelv szerinti *J* jelű korai nyomószilárdságfogalmát könyvünk „Szálerősítésű beton” szócikkében tárgyaljuk.

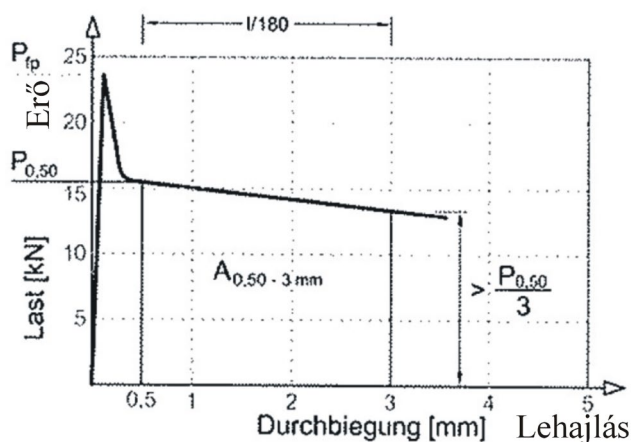
A szálerősítésű betonok és szálerősítésű lövelt betonok ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) osztrák műszaki irányelv szerinti *T* teherbírás-biztonsági osztályát (Tragsicherheitsklasse) és *G* használhatósági osztályát (Gebrauchstauglichkeitsklasse) az előírt legkisebb száladagolású megrepedt beton „egyenértékű hajlító-húzószilárdságának”¹⁸⁹ hat szabványos próbahasáb vizsgálatából meghatározott jellemző értékével (karakterisztikus értékével) fejezzük ki. Ha a variációs tényező (relatív szórás) értéke $V_x \leq 0,25$, akkor az egyenértékű hajlító-húzószilárdság jellemző értéke:

$$f_{eqks} = 0,51 \times f_{eqms} \text{ és } f_{eqku} = 0,51 \times f_{eqmu}$$

ahol: f_{eqms} és f_{eqmu} az egyenértékű hajlító-húzószilárdság átlagértéke (1.5.Sz5. ábra)

¹⁸⁹ Az „egyenértékű (ekvivalens) hajlító-húzószilárdság” (németül: äquivalente Biegezugfestigkeit) az első repedés utáni hajlítási szakítószilárdság számított értéke, amelyet a vonatkozó munkaképességből (erő-lehajlás diagram alatti területből) határozzunk meg és alakítunk át lineáris feszültségeloszlásra (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008) A vizsgálatot lövelt hajlított próbahasábokon 7,5 cm-nél vastagabb szerkezeti elemek esetén az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv, legfeljebb 7,5 cm vastag szerkezeti elemek esetén az MSZ EN 14488-3: szabvány szerint, illetve próbalemezeken az MSZ EN 14488.5: szabvány szerint kell végezni (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009).

(Verkehrsinfrastrukturforschung, 2011, Universität Innsbruck, Fakultät für Technische Wissenschaften Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften Arbeitsbereich Materialtechnologie, Innsbruck, 2014,
<https://fti-mobilitaetswende.at/resources/pdf/projektberichte/kombifaserbeton-endbericht.pdf>)



Gebrauchstauglichkeit (G) Használhatóság

$$f_{eqms} = \frac{P_{0.50} \times l}{b \times h^2} = \frac{P_{0.50}}{7500} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Tragsicherheit (T) Teherbírás-biztonság

$$P_{0.50-3 \text{ mm}} = \frac{A_{0.50-3 \text{ mm}}}{l/180} = \frac{A_{0.50-3 \text{ mm}}}{2.5} \quad [\text{N}]$$

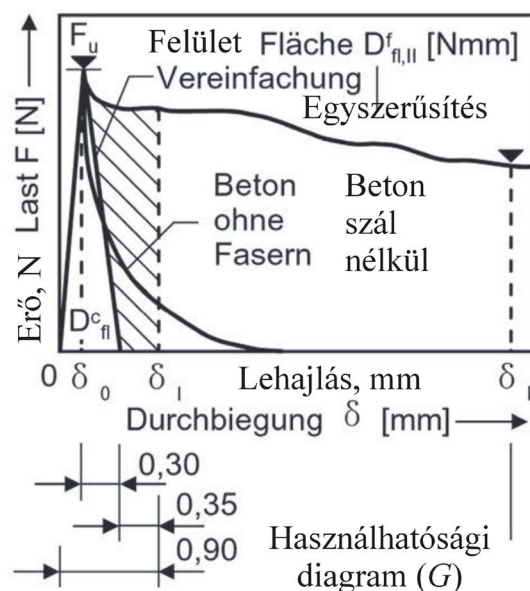
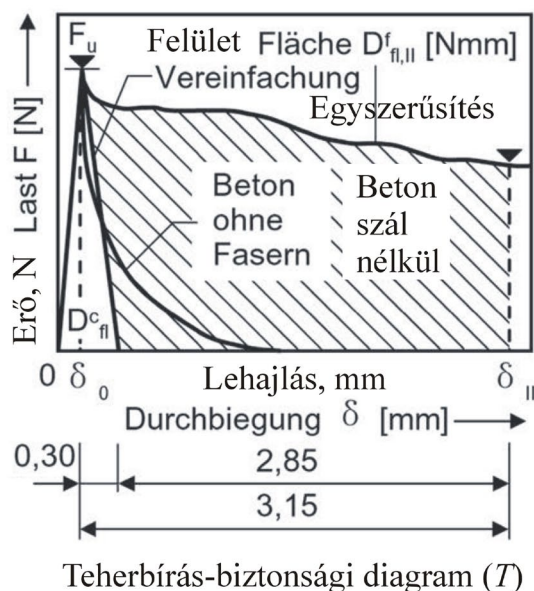
$$f_{eqmu} = \frac{P_{0.50-3 \text{ mm}} \times l}{b \times h^2} = \frac{P_{0.50-3 \text{ mm}}}{7500} \quad [\text{N/mm}^2]$$

1.5.Sz5. ábra: A megrepedt szálerősítésű beton erő-lehajlás diagramja a használhatósági (G) és a teherbírás-biztonsági (T) egyenértékű hajlító-húzószilárdság átlagértékének (f_{eqm}) meghatározására (Verkehrsinfrastrukturforschung, 2011. Universität Innsbruck. Innsbruck, 2014)

A szálerősítésű beton teherhordó szerkezeti elemek készítésére csak a használhatóság és a teherbírás-biztonság igazolásának összefüggésében megengedett.

Az egyenértékű hajlító-húzószilárdság 1.5.Sz2. táblázatban szereplő jellemző értékét a szálerősítésű beton jellemző értéke meg kell haladja.

Ha a szálerősítésű beton hajlító-húzószilárdsága csak a használhatósági követelményt éri el, akkor a G szálerősítésű beton osztályba kell sorolni.



1.5.Sz6. ábra: A megrepedt szálerősítésű beton erő-lehajlás diagramja a teherbírás-biztonsági (T) és a használhatósági (G) egyenértékű hajlító-húzószilárdság átlagértékének (f_{eqm}) meghatározására.

Az 1.5.Sz6. ábrán vonalkázott (sraffozott) terület az energiaelnyelő-képességet (szívósságot) kifejező hajlítási szívóssági munka-modulus¹⁹⁰. (Springenschmid, 2007 és 2018)

1.5.Sz2. táblázat: A megrepedt szálerősítésű beton egyenértékű hajlító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke (karakterisztikus értéke) a *G* használhatósági és a *T* teherbírás-biztonsági osztályban az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) osztrák műszaki irányelv szerint

A szálerősítésű beton <i>G</i> osztálya	A szálerősítésű beton egyenértékű hajlító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke, N/mm ²		A szálerősítésű beton <i>T</i> osztálya
	a <i>G</i> használhatósági osztályban, f_{eqks}	a <i>T</i> teherbírás-biztonsági osztályban, f_{eqku}	
$G_{különleges}$	> 2,2	> 1,9	$T_{különleges}$
G6	1,9	–	–
–	–	1,7	T6
G5	1,6	–	–
G4	1,4	1,4	T5
–	–	1,2	T4
G3	1,1	–	–
G2	0,9	0,9	T3
–	–	0,7	T2
G1	0,5	–	–
–	–	0,4	T1

A szálerősítésű betonok és szálerősítésű lövellt betonok ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerinti első repedéshez tartozó *BZ* jelű hajlító-húzószilárdságát hat szabványos próbahasáb segítségével a következő képletből határozzuk meg:

$$f_{ft,fl} = \frac{P_{fp} \times l}{b \times h^2}$$

ahol:

P_{fp} = az első repedéshez tartozó terhelőerő, N

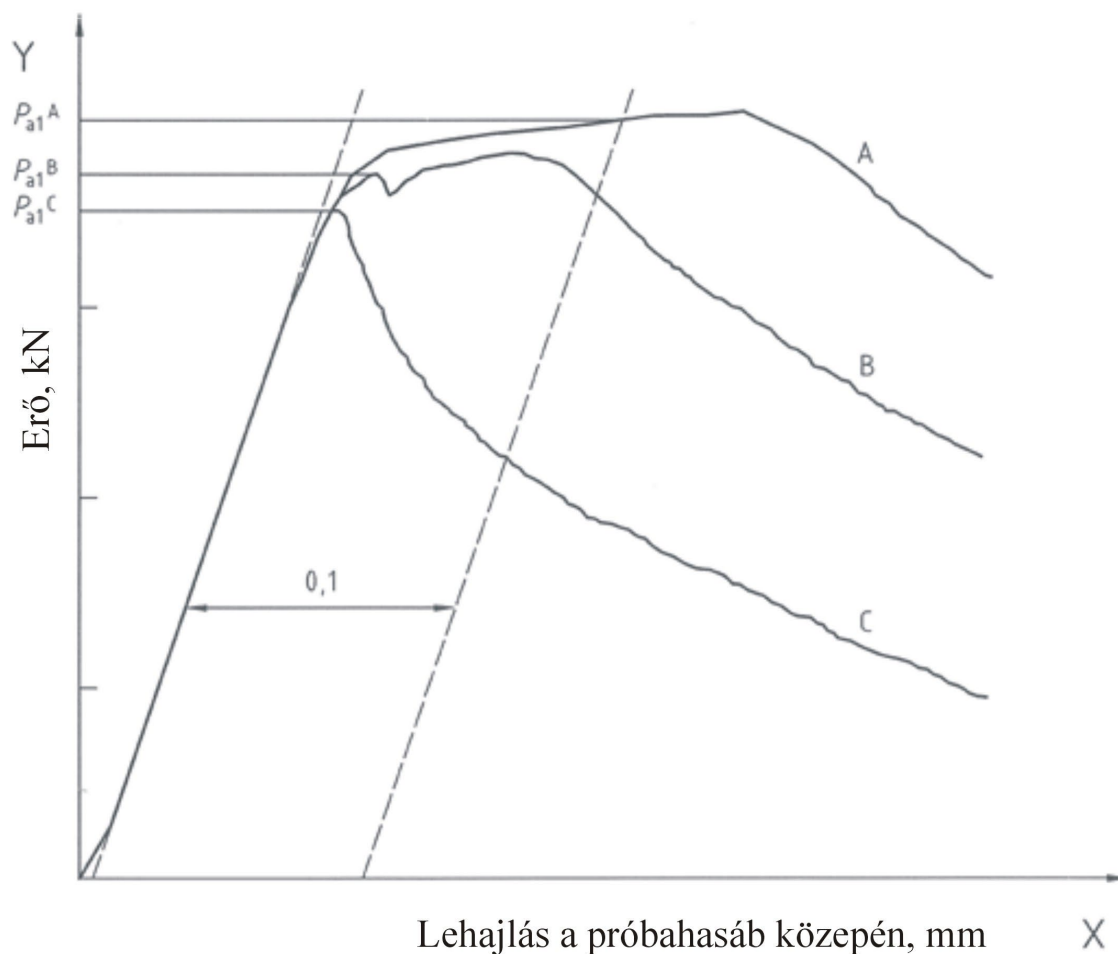
l = a próbahasáb támaszköze, mm

b = a próbahasáb szélessége, mm

h = a próbahasáb magassága, mm

Az első repedéshez tartozó *BZ* hajlító-húzószilárdságot a harmadpontokban terhelt (két ponton terhelt) próbahasáb erő-lehajlás diagramjából az MSZ EN 14488-3:2024 vizsgálati szabvány alapján határozhatjuk meg. Az első repedés elvileg, névlegesen a szabványos hajlított próbahasáb 0,1 mm értékű rugalmas lehajlásakor jelenik meg. (1.5.Sz7. ábra).

¹⁹⁰ Értelmezésünk szerint az energiaelnyelő-képesség szinonimája a szívósság, mint fizikai fogalom (<https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>), amelyek „képi megjelenítése” a szívóssági munka-modulus, azaz hajlító-húzó vizsgálat esetén az erő-lehajlás diagram alatti megfelelő terület.



P_{a1}^A = Az első repedéshez tartozó erő az *A* diagram esetén

P_{a1}^B = Az első repedéshez tartozó erő a *B* diagram esetén

P_{a1}^C = Az első repedéshez tartozó erő a *C* diagram esetén

1.5.Sz7. ábra: Az első repedéshez tartozó *BZ* hajlító-húzószilárdság meghatározása az erő-lehajlás diagramból az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány szerint

A *BZ* hajlító-húzószilárdság jellemző értékét ($f_{ftk,fl}$) az egyedi értékekből ($f_{fti,fl}$) számított átlagértékből ($f_{ftm,fl}$) és a szórásból 5%-os alulmaradási hányad feltételezésével kapjuk meg. Ha a variációs tényező (relatív szórás) értéke $V_x \leq 0,15$, akkor az egyenértékű hajlító-húzószilárdság jellemző értéke (1.5.Sz3. táblázat):

$$f_{ftk,fl} = 0,71 \times f_{ftm,fl}$$

1.5.Sz3. táblázat: Az első repedéshez tartozó *BZ* hajlító-húzószilárdság előírt jellemző értéke a szálerősítésű betonok *BZ* hajlító-húzószilárdsági osztályában (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008)

<i>BZ</i> hajlító-húzószilárdsági osztály (a számjel a hajlító-húzószilárdság $f_{ftm,fl}$ átlagának értéke)	Hajlító-húzószilárdság előírt jellemző értéke, $f_{ftk,fl}$, N/mm ²
BZ 3,0	2,2
BZ 4,5	3,2
BZ 6,0 *	4,2
* Általában legalább C30/37 nyomószilárdsági osztály esetén érhető el.	

A *visszavont* MSZ EN 14487-1:2006 lövellt beton szabvány 4.5.2. szakasza szerint a *visszavont* MSZ EN 14488-3:2006 szabvány szerint vizsgált az acélszál-erősítésű beton és lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsági osztálya¹⁹¹ a *D* alakváltozási tartomány és az *S* hajlító-húzószilárdság függvénye, amelyet az alakváltozási tartomány és a hajlító-húzószilárdsági szint jelének társításával fejezünk ki, például a *D2S2* jelű maradó hajlító-húzószilárdsági osztályban a hajlító-húzószilárdság meg kell haladja a 2 N/mm^2 értéket a próbalemez $0,5 \text{ mm}$ és $2,0 \text{ mm}$ közötti lehajlása mellett.

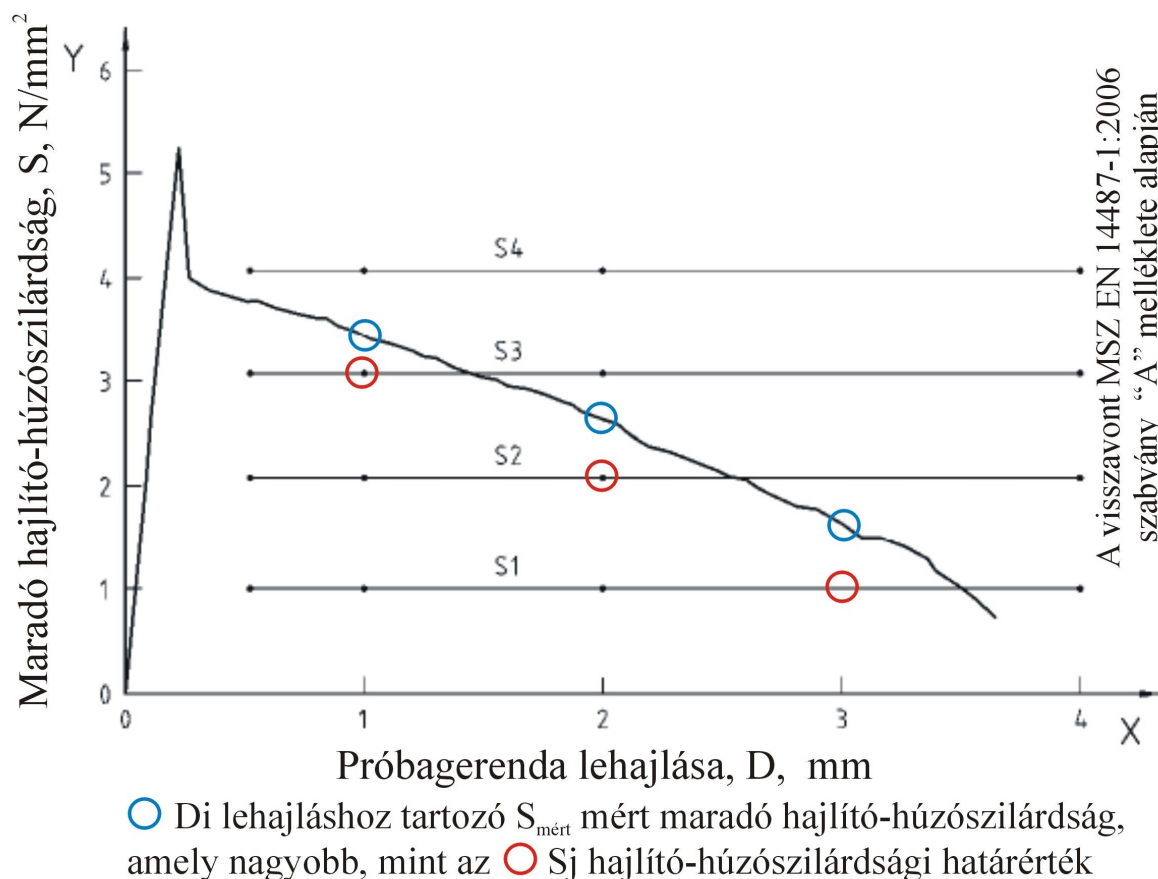
Az *érvényes* MSZ EN 14487-1:2023 lövellt beton szabványban és az *érvényes* MSZ EN 14488-3:2024 vizsgálati szabványban a bemetszés nélküli próbahasáb harmadpontos hajlítóvizsgálatát „A” módszernek nevezik. (1.5.Sz4. táblázat).

A *visszavont* MSZ EN 14488-3:2006 és az *érvényes* MSZ EN 14488-3:2024 vizsgálati szabvány szerint a $600 \times 125 \times 75 \text{ mm}$ (hosszúság $\times$ szélesség $\times$ magasság) méretű, 450 mm támaszközü, harmadpontokon (150 mm) terhelt, kellőképpen előkészített, teljes keresztmetszetű (be nem metszett), általában 28 napos acélszál-erősítésű lövellt beton próbahasáb maradó hajlító-húzószilárdságát a szilárdság-lehajlási görbe $0,5\text{-}1,0 \text{ mm}$ közötti D1, $0,5\text{-}2,0 \text{ mm}$ közötti D2, $0,5\text{-}4,0 \text{ mm}$ közötti D3 alakváltozási tartományaihoz tartozó legkisebb hajlító-húzószilárdság értékekből kell meghatározni. (1.5.Sz8. ábra)

1.5.Sz4. táblázat: A acélszál-erősítésű lövellt beton MSZ EN 14488-3:2024 szabvány szerint vizsgált maradó hajlító-húzószilárdsági osztályának értelmezése (MSZ EN 14487-1:2023)

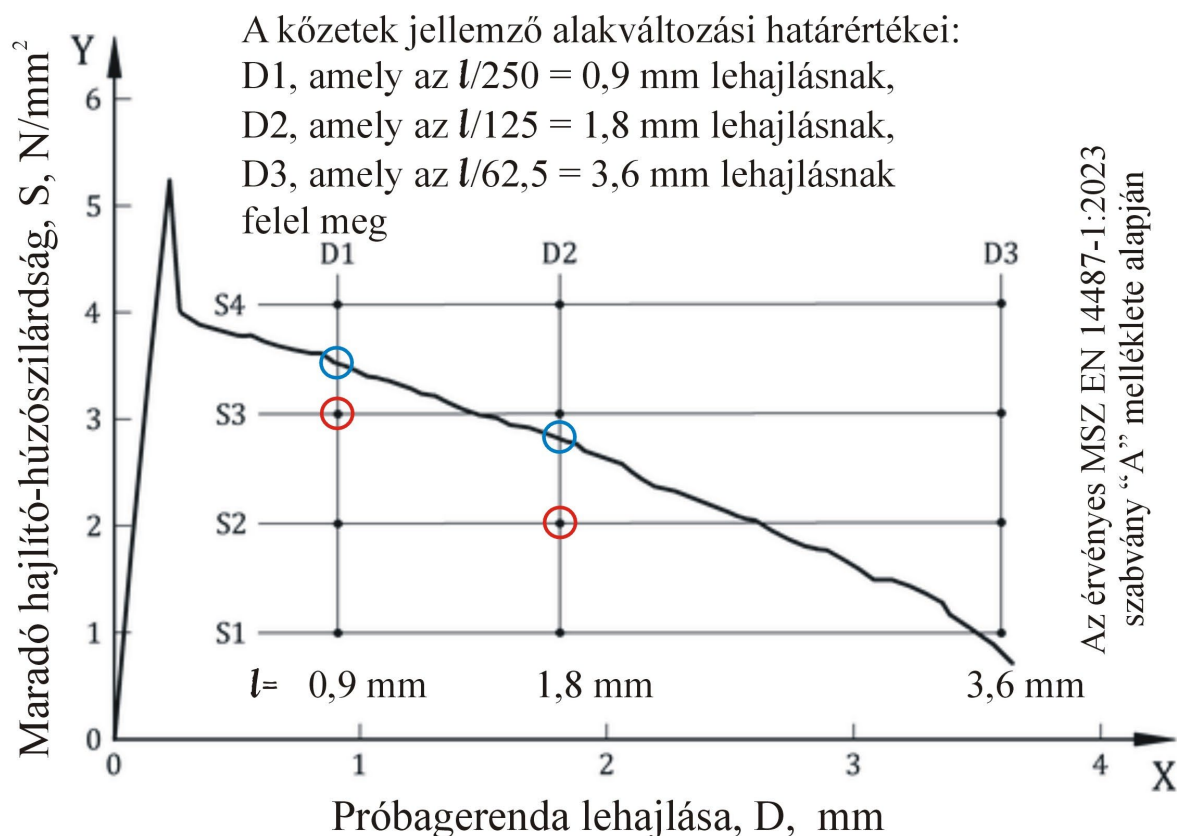
Alakváltozási tartomány		Hajlító-húzószilárdság, legalább, N/mm^2			
Jel	Lehajlás, mm	S1	S2	S3	S4
D1	0,5-1,0	1	2	3	4
D2	0,5-2,0				
D3	0,5-4,0				

¹⁹¹ Maradó szilárdság angolul: Residual strength, németül: Restfestigkeit



1.5.Sz8. ábra: Az acélszál-erősítésű lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsági osztályának meghatározása általános esetben a visszavont MSZ EN 14487-1:2006 lövellt beton szabvány A.1 ábrája alapján. A vizsgált acélszál-erősítésű lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsági osztálya: D1S3, D2S2 és D3S1

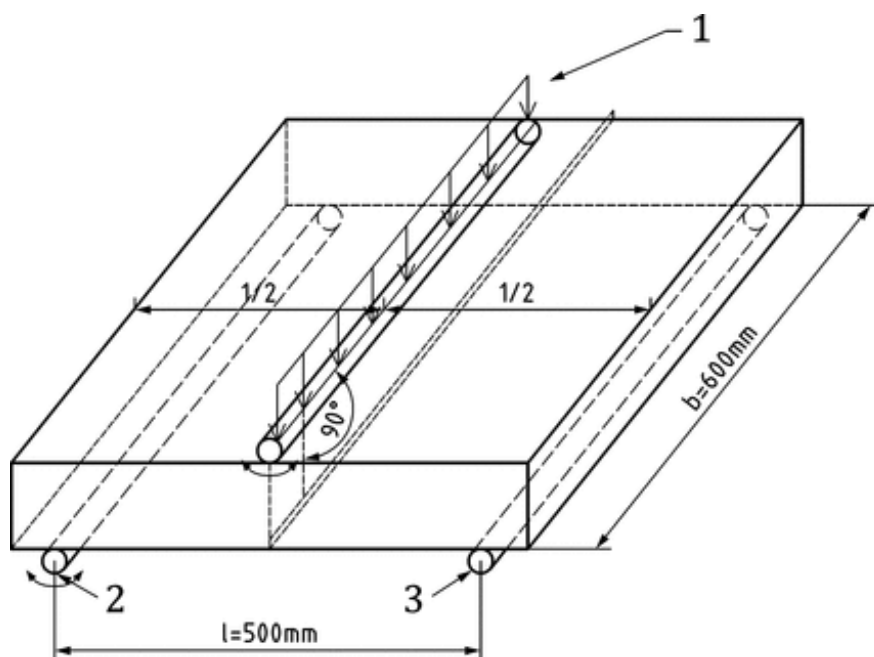
Az acélszál-erősítésű lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdságának követelménye a háttér-közet alakváltozási viszonyaitól függ; ha a háttér-közet alakváltozása nagyobb, akkor nagyobb teherbírású lövellt beton falazatra van szükség. Az MSZ EN 14487-1:2023 szabványban a háttér-közetre az 1.5.Sz9. ábra szerinti három alakváltozási tartományt határozták meg, amelyek segítségével az acélszál-erősítésű – feltehetőleg alagútépítési – lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsági osztályát kifejezik.



○ Di lehajláshoz tartozó $S_{\text{mért}}$ mért maradó hajlító-húzószilárdság, amely nagyobb, mint az ○ Sj hajlító-húzószilárdsági határérték

1.5.Sz9. ábra: Az szilárd háttér-közetet megtámasztó – feltehetőleg alagútépítési – acélszál-erősítésű lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsági osztályának meghatározása az érvényes MSZ EN 14487-1:2023 lövellt beton szabvány A.1 ábrája alapján. A vizsgált acélszál-erősítésű lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsági osztálya: D1S3 és D2S2

Az érvényes MSZ EN 14488-3:2024 lövellt beton vizsgálati szabvány „B” módszerének tárgya a maradó hajlító-húzószilárdság meghatározása a bemetszett próbalemez középpontos hajlítóvizsgálatával. Az MSZ EN 14488-3:2024 szabványbeli „B” módszer alapján a maradó hajlító-húzószilárdságot a – 600×600 mm alapterületű, 100 mm vastag, 500 mm támaszközü, a támaszköz közepén alul, legfeljebb 5 mm szélesen és 10 mm mélyen bemetszett – kéttámaszú próbalemez (1.5.Sz10. ábra) alsó szélső szálának a megnyúlásával (CMOD, Crack mouth opening displacement), illetve a próbalemez δ lehajlásával fejezzük ki.



1.5.Sz10. ábra: Az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány „B” módszere szerinti 600×600×100 mm méretű próbalemez a szálerősítésű lövellt beton első repedési, szakadó és maradó hajlító-húzó szilárdságának meghatározásához

Jelmagyarázat:

1. Terhelő görgő
2. Görgős alátámasztás
3. Síkcuklós alátámasztás

Az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány „B” módszere szerint az acélszál-erősítésű lövellt beton maradó hajlító-húzószilárdsága a szabványos próbalemez $CMOD_j = 0,5; 1,5; 2,5$ és $3,5$ mm megnyúlásához (1.5.Sz11. ábra), illetve $\delta_j = 0,631; 1,894; 3,156$ és $4,420$ mm lehajlásához (1.5.Sz12. ábra) tartozó $f_{R,j}$ hajlító-húzószilárdság $[N/mm^2]$, amelyet a következő képlettel kell kiszámítani:

$$f_{R,j} = \frac{3 \times F_j \times l}{2 \times b \times h_{sp}^2}$$

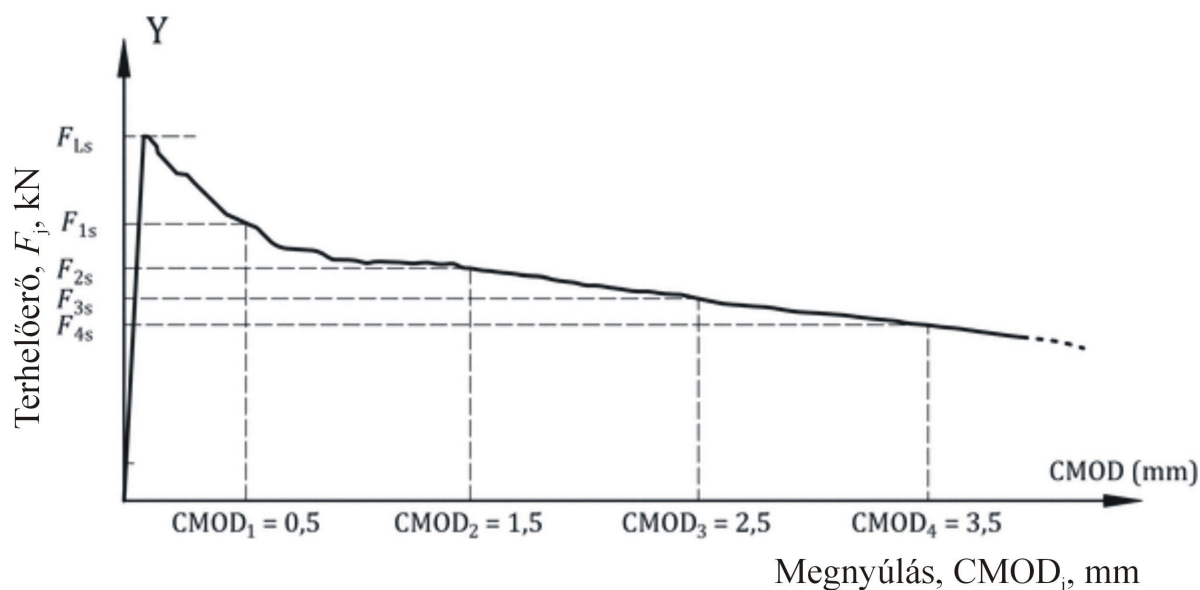
ahol:

F_j = a $CMOD_j$ megnyúláshoz vagy a δ_j lehajláshoz tartozó terhelőerő, N

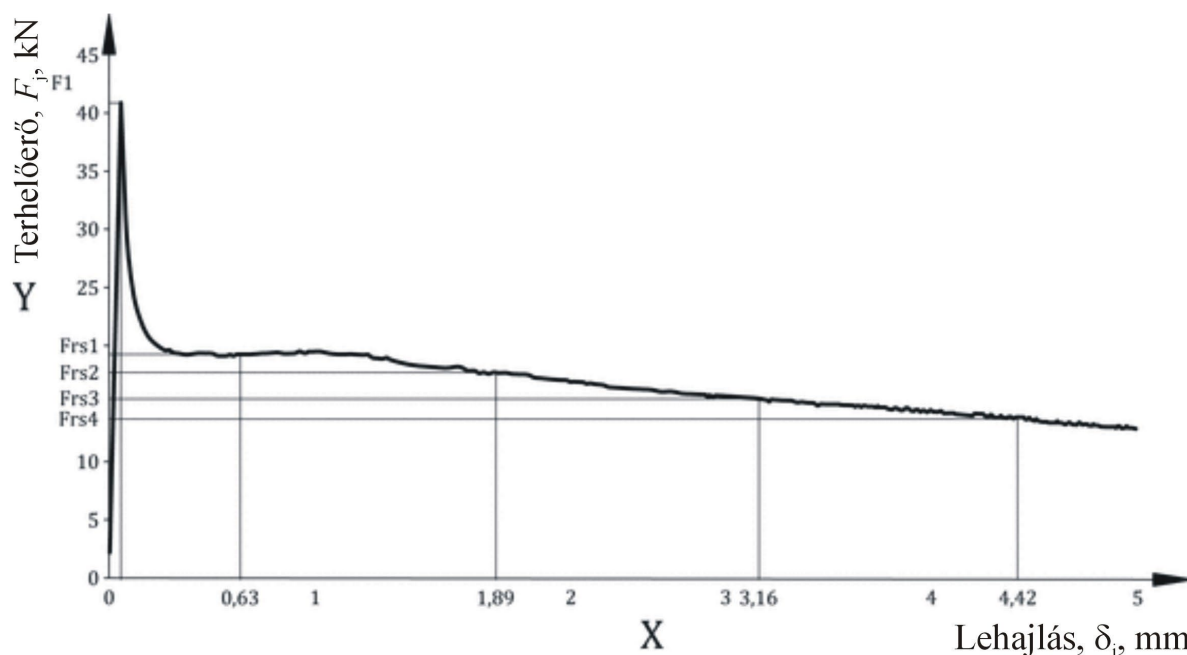
l = a próbalemez támaszköze, mm

b = a próbalemez szélessége, mm

h_{sp} = a bemetszés felső csúcsa és a próbalemez felső felülete közötti távolság, azaz a próbalemez bemetszés feletti magassága, mm (sp = Spitze = csúcs)



1.5.Sz11. ábra: A szabványos bemetszett próbalemez alsó szélső szálának CMOD megnyúlásával kifejezett maradó hajlító-húzószilárdsági erő-alakváltozás diagramja az MSZ EN 14488-3:2024 vizsgálati szabvány „B” módszere szerint



1.5.Sz12. ábra: A szabványos bemetszett próbalemez középső keresztmetszetének δ lehajlásával kifejezett maradó hajlító-húzószilárdsági erő-alakváltozás diagramja az MSZ EN 14488-3:2024 vizsgálati szabvány „B” módszere szerint

A CMOD [mm] megnyúlás és a δ [mm] lehajlás közelítő összefüggése az MSZ EN 14488-3:2024 szabvány szerint:

$$\text{CMOD} = \frac{4 \times \delta \times h_{sp}}{l}$$

A fémshálós betonok maradó hajlító-húzószilárdságának vizsgálatát először a visszavont MSZ EN 14651:2005 vizsgálati szabvány bevezetésével szabályozták, és azóta a CMOD megnyúlást és a δ lehajlást – ma az érvényes MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerint – 550×150×150 mm méretű, 500 mm támaszközzű, támaszköz-középen terhelt és alul bemetszett próbahasábokon határozzuk meg. Az MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerint a δ lehajlás és a CMOD megnyúlás közelítő összefüggése: $\delta = 0,85 \times \text{CMOD} + 0,04$ [mm]

Az acélszál-erősítésű beton és acélszál-erősítésű lövellt beton próbalemezek EV jelű energiaelnyelő-képességét kifejező hajlítási szívóssági munka-modulust az MSZ EN 14488-5:2006 vizsgálati szabvány szerint kell meghatározni. A vizsgálat során a megfelelően előkészített, általában 28 napos korú, 600×600 mm alapterületű, 100 mm vastag, 500 mm-es támaszközzel körbe alátámasztott acél-szál-erősítésű lövellt beton próbalemezt a lemez közepén 100×100 mm felületen, 30 mm lehajlás eléréséig meg kell terhelni, miközben fel kell venni a terhelőerő-lehajlás diagramot. A próbalemez energiaelnyelő-képessége egyenlő a terhelőerő-lehajlás diagram alatti, 0 mm és 25 mm értékű abszcisszákkal határolt területtel (munka = erő×út), amelyet joule-ban kell megadni.

Az MSZ EN 14487-1:2023 lövellt beton szabvány szerint a szabványos próbalemez mezőközépen mért 25 mm értékű lehajlásához tartozó 500 joule, 700 joule és 1000 joule energiaelnyelő-képesség rendre az acélszál-erősítésű lövellt beton E500, E700 és E1000 jelű EV energiaelnyelő-képességi osztályának a határértéke (1.5.Sz5. táblázat). Az ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) szerint az energiaelnyelő-képességet az alagútépítésben – eltérve az ÖNORM EN 14487-1 szabványtól – a beton 7 napos korában három próbalemezen vizsgálják.

1.5.Sz5. táblázat: Az alagútépítési lövellt beton energiaeelnyelő-képességi osztályai és az energiaeelnyelő-képesség tervezési irányértékei (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

Energiaeelnyelő-képességi osztály	Energiaeelnyelő-képesség 7 napos korban
EV500	500 – 700 joule
EV700	701 – 1000 joule
EV1000	> 1000 joule
Alkalmazás / Funkció	Energiaeelnyelő-képesség 7 napos korban
Állékony háttér-közetek burkolása	500 – 700 joule
Laza háttér-anyag és kistérfogató-kitörésekkel rendelkező szilárd háttér-közet biztosítása kismértékű kezdeti alakváltozási sebesség esetén	700 – 1000 joule
Repedezett, nagytérfogató-kitörésekkel rendelkező szilárd háttér-közet biztosítása nagymértékű kezdeti alakváltozási sebesség esetén, végleges burkolás	800 – 1200 joule

Az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) műszaki irányelv szerint a normál vagy nagyszilárdságú betonba, esetleg – kisebb hatékonysággal – vasbetonba kevert polipropilén *mikroszálak* jelentősen csökkenthetik a fiatal beton zsugorodási repedéseinek, más szóval a korai zsugorodási repedéseknek a felléptét¹⁹², javíthatják a beton tűzállóságát, valamint a zöldbeton nyomó- és hajlító-húzószilárdságát. A polipropilén-szálak működése a betonban annál hatékonyabb, minél nagyobb a szálak száma adott száltartalom mellett, azaz minél finomabbak a szálak. Ezenkívül a különleges szálbevonatok kedvező hatásúak vízvisszatartásra és a feldolgozhatóságra. A finom (mikro-) polipropilén-szálak a betonok ellenállását a tűz hatásának – a robbanásveszélyes tönkremenetel csökkentésével – jelentősen növelik.

A *polipropilén-makroszál*-erősítésű beton rövid idejű vizsgálatokkal a *T* teherbírás-biztonsági és *G* használhatósági osztályába sorolható, míg a makroszálak betonban való hosszú távú viselkedését hosszú idejű vizsgálat során kell megfigyelni. Polipropilén-makroszál-erősítésű beton általában nyomott szerkezetek – de nem előfeszített vasbetonszerkezetek – készítéséhez, mint például alapok, hídperemgerendák, ipari padlóburkolatok, vékonybeton kopórétegek, repülőtéri kifutópályák készítéséhez alkalmazható. (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008)

Az erősítőszál nélküli beton és a polipropilén-szál-erősítésű beton, illetve a polipropilén-szál-erősítésű lövellt beton *FS* jelű mérsékelt korai zsugorodási repedésképződése közötti különbséget a zsugorodási repedések összes hosszának különbségével fejezzük ki. A polipropilén-szál-erősítésű beton zsugorodási repedéseinek összes hossza nem haladhatja meg a szálerősítés nélküli beton zsugorodási repedései összes hosszának 20%-át. (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008)

A polipropilén-szál-erősítésű lövellt betont többnyire vizes-technológiával szokták készíteni. A friss lövellt betonok visszahullását az acélszálakon kívül a szintetikus, így a polipropilén-szálak is csökkentik. (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008)

A szálerősítésű betonok kutatásáról és alkalmazásáról hazánkban a *fib* Magyar Tagozata 1999-ben rendezett konferenciát, és konferencia-kiadványban (*Balázs L. szerk., 1999*) meg is jelentette az elhangzott előadásokat, amelyek a következők:

¹⁹² A beton korai zsugorodását a beton összetétele (cement-, adalékanyag-, kiegészítőanyag-fajta, kötőanyag-, finomanyag-, adalékanyag-tartalom, víz-kötőanyag tényező stb.), a beton és a környezet hőmérséklete, a levegő páratartalma és a szél sebessége, valamint az utókezelés módja is erősen befolyásolja.

- Balázs L. Gy. – Polgár L.: A szálerősítésű betonok múltja, jelene és jövője
- Neubert, B.: Stahlfaserbeton. Einsatzmöglichkeiten des Werkstoffs und seine Grenzen
- Böleskey, E. – Scherpke, G.: Aktueller Stand der Forschung und Anwendung von Faserverstärkten Spezialbetonen für die Tragwerksplanung. Erneuerung in Österreich, ein Tätigkeitsbericht
- Kovács K.: Száltípusok és azok jellemzői
- Grosse, C. U. – Weiler, B. – Reinhardt, H. W.: Bond behaviour of fibers and formation of damage zone in fibre reinforced concrete. Part I. Acoustis emission technique
- Weiler, B. – Grosse, C. U.: Bond behaviour of fibers and formation of damage zone in fibre reinforced concrete. Part II. Experiments and results
- Erdélyi A.: Acélszál-erősítésű gerendák hajlítási szívóssága
- Kausay T.: A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai
- Magyar B.: Az összetétel hatása a szálerősítésű beton és habarcs tulajdonságaira
- Bálint J.: Szálerősítésű betonok és microbetonok a technológus szemével
- Kovács I. – Erdélyi L. – Balázs L. Gy.: Vasbetongerendák törési viselkedése acélszálak és hagyományos vasalás egyidejű alkalmazása esetén
- Erdélyi L. – Kovács I. – Balázs L. Gy.: Feszítőbetét erőátadódási hossza és behúzódása acélszál-erősítésű betonban
- Kovács I.: Szálerősítésű beton modellezése egytengelyű húzó igénybevétel esetén
- Duácska E.: Az acélszál-erősítésű beton és vasbeton méretezéselmélete
- Lubich, H.: Berechnungsmethoden für Faserbeton mit Kunststofffasern im Betonbau
- Polgár L.: Acélszál-erősítésű betonok alkalmazása ipari padló építésében
- Lubich, H.: Faserbeton mit Kunststofffasern. Technik und Anwendung
- Dombi J.: Száladagolással kialakított különleges betontechnológia, nagytömegű, illetve vízzáró vasbeton szerkezetek repedésmentes kivitelezésére
- Orosz Á.: Vasbetonszerkezetek megerősítése műszál adagolású lövellt betonnal
- Viljoen, B. C. – Kubisch, F.: Tunneling with fiber reinforced shotcrete or with fiber reinforced precast segments

Ajánlott irodalom:

<http://www.betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf> (1999)

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf> (2017)

Lásd még: Anyagszilárdsági alapok teherbírás-biztonsági méretezéshez, Használhatóság, Ipari betonpadló, Karbonbeton, Maradó nyúlás szakadás után, Szintetikus erősítőszálak, Textilbeton, Tűz hatása a betonra, Vékonybeton kopóréteg, Zöldbeton

Szálerősítésű beton méretezése

Az acélszál erősítésű beton és vasbeton hajlított gerenda méretezési módszerét az „Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása” című, OTKA T-007382. sz. kutatási téma keretében (<https://www.betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf>) *Dulácska Endre* professzor dolgozta ki, és ismertette a *fib* Magyar Tagozata által 1999-ben rendezett konferencián (*Dulácska*, 1999).

A *Dulácska*-féle méretezési eljárás a szálerősítésű beton fizikai-mechanikai paraméterein alapul, a mérnöki gyakorlat módszereit alkalmazza, és kellő összhangban van a szakirodalomban ismertetett tapasztalati eredményekkel, annak feltételezésével, hogy

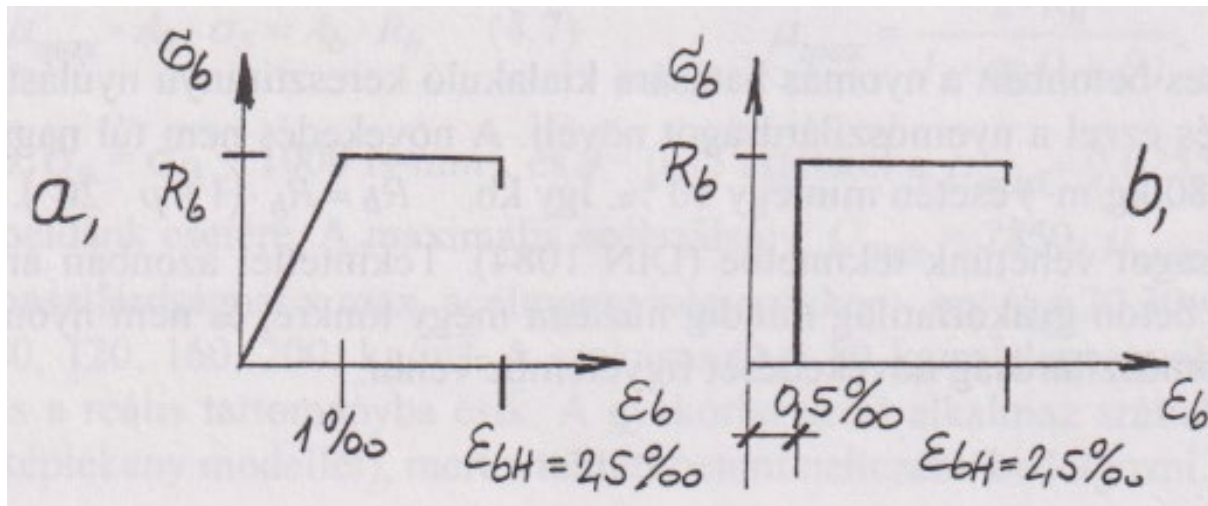
- a beton akkor száltelített, ha a szálak az elméleti derékszögű kocka-rendszerben úgy helyezkednek el minden irányban, hogy az egyik szálról tapadással leadódó erő a másik

- szálra átadódik, és a szálak egymástól mért merőleges távolsága a fél szálhosszúság. Ha a *szálsűrűség* ennél kisebb, akkor a beton szálahiányos (száltelítetlen), ha nagyobb, akkor száltúltelített. A száltelített és a száltúltelített beton a beton repedése után gyakorlatilag képlékenyen viselkedik, és alkalmazható rá a rugalmas-képlékeny anyagmodell. A szálahiányos beton csak jelentős feszültségcsökkenéssel tekinthető ideálisan rugalmas-képlékenynek;
- az *iránytényező* azt fejezi ki, hogy igénybevételek irányában a szálak hányad része dolgozik¹⁹³. Térbeli, háromirányú egyenlő irányítottság esetében az iránytényező 0,33, míg síkbeli, kétirányú irányítottságnál 0,50. és egyirányú irányítottságnál 1,00. Az irányítottság a valóságban a beton bedolgozási módjának és a betonkeresztmetszet alakjának a függvénye. Az iránytényező például nagytömegű betonok hagyományos bedolgozása esetén 0,33 értékhez, és vékony lemezek esetén 0,50 értékhez közelít. Ez azt jelenti, hogy a főfeszültség irányában a szálak fele-harmada dolgozik. Mindegyik irányú szálát a nagyobbik húzó főfeszültségre kell méretezni;
 - a húzófeszültségek hatására az acélszálak ne szakadjanak el, hanem húzódnak ki a betonból. Így biztosítható, hogy az acélszál-erősítésű beton rugalmas-képlékeny anyagként viselkedjen. Ezt szálahiányos (száltelítetlen) beton alkalmazásával érhetjük el. A szállehorgonyozást a szál alakja, érdessége, a szál végének kialakítása, a szálak betonhoz való tapadó nyírószilárdsága befolyásolja. A *szálhatékonyságot* az $(1 + \partial)$ tényező fejezi ki, ahol ∂ a szál erejének szálvégződéssel (például kampóval) lehorgonyozódó hányada, a *hatékony szálfeszültség* pedig: $(1 + \partial) \times \bar{\sigma}_s$, ahol $\bar{\sigma}_s$ a szálfeszültség;
 - a száltelített szálerősítésű beton ideálisan rugalmas-képlékeny viselkedése esetén a *szálak maximális kihasználásának* az a feltétele, hogy repedés után a szálak annyi húzóerőt vegyenek fel, mint a beton a repedés előtt. A gyakorlatban azért készítenek száltelítetlen betont (rugalmas-képlékeny modellel), mert a száltelített betont nehezebb bedolgozni;
 - húzóigénybevételre a szálerősítésű beton ugyanakkora *húzófeszültségnél* reped, mint a beton;
 - szálerősítésű betonban a nyomás hatására kialakuló keresztirányú nyúlást a szálerősítés gátolja, és ezzel kissé növeli a *nyomószilárdságot*. A növekedés 1,0 térfogatszázalék száltartalom (80 kg/m³) esetén mintegy 10%. Tekintettel azonban arra, hogy a szálerősítésű beton gyakorlatilag mindig húzásra megy tönkre, nem érdemes a nyomószilárdság növekedést figyelembe venni;
 - a szálerősítés a nyomás esetében a keresztirányú tágulást gátolja, és a nyomásirányú összenyomódást is csökkenti, ami a *beton rugalmassági modulusának* növelésével vehető figyelembe;
 - a C20/25 - C50/60 nyomószilárdsági osztályok tartományában a betonok repedési nyúlása az $\varepsilon_{h,rep} = 0,001 - 0,00022$ tartományban helyezkedik el. Az acélszálerősítés kihasználásához $\varepsilon_h = 0,0035$ fajlagos nyúlás szükséges. Ebből következik, hogy *az acélszálerősítés csak a beton repedése után dolgozik*. A normál betonacél alkalmazásakor a határfeszültség kihasználásához a sima felületű betonacéloknál 1,0-1,2‰, míg a periodikus (bordázott) betonacélok kihasználásához 2,0-3,0‰ fajlagos nyúlás szükséges. Tehát a normál betonacél kihasználása csak az acélszálerősítés megcsúsztatása után lehetséges. A szálerősítésű beton legnagyobb fajlagos húzási nyúlása 5,0-10,0‰ közötti. Ha a biztonság oldalán állva az 5,0‰-et vesszük számításba, akkor is adódik a 3,0‰ és 5,0‰ között egy olyan szakasz, melynél mind a betonacél, mind az

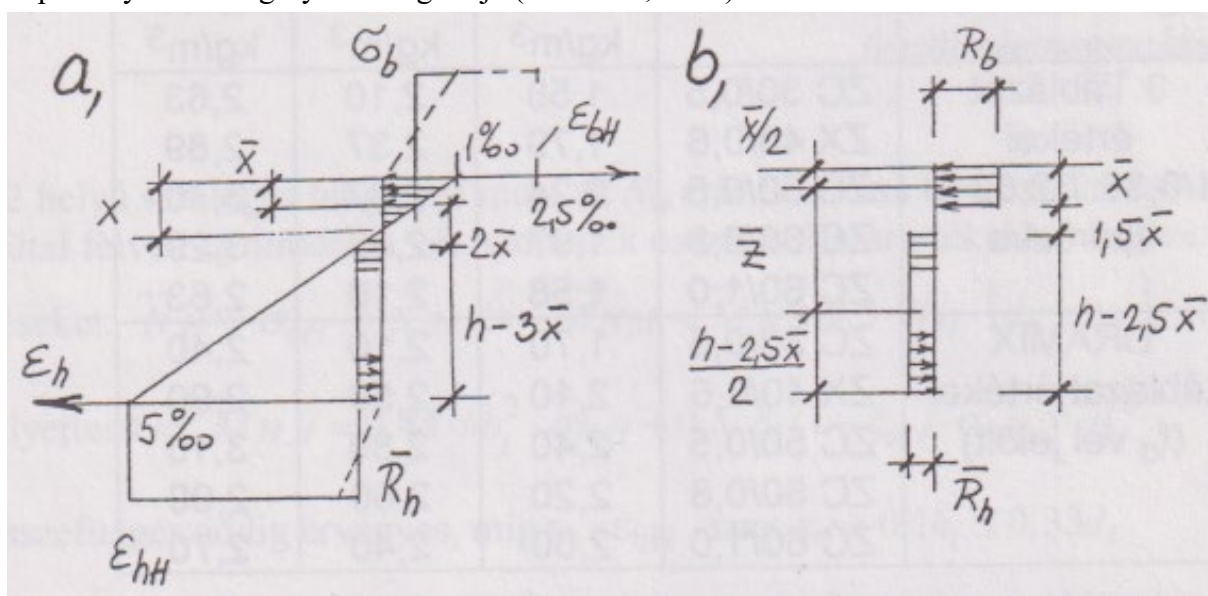
¹⁹³ Az acélszálak elhelyezkedését a szálerősítésű betonban napjainkban CT (Computed Tomography) vizsgálattal Lublóy Éva és szerzőtársai vizsgálták (Lublóy et al., 2021).

acélszálerősítés képlékenyen viselkedik, így teherbírásuk összegezhető (Dulácska, 1999).

Az 1.5.Sz13. ábrán a húzott acélszál-erősítésű beton e gondolatmenetnek megfelelő Dulácska-féle rugalmas-képlékeny, illetve egyszerűsített képlékeny feszültség-nyúlás diagramja, az 1.5.Sz14. ábrán a hajlított betonkeresztmetszet Dulácska-féle feszültség-alakváltozás diagramja látható.



1.5.Sz13. ábra: A húzott acélszál-erősítésű beton rugalmas-képlékeny, illetve egyszerűsített képlékeny feszültség-nyúlás diagramja (Dulácska, 1999)



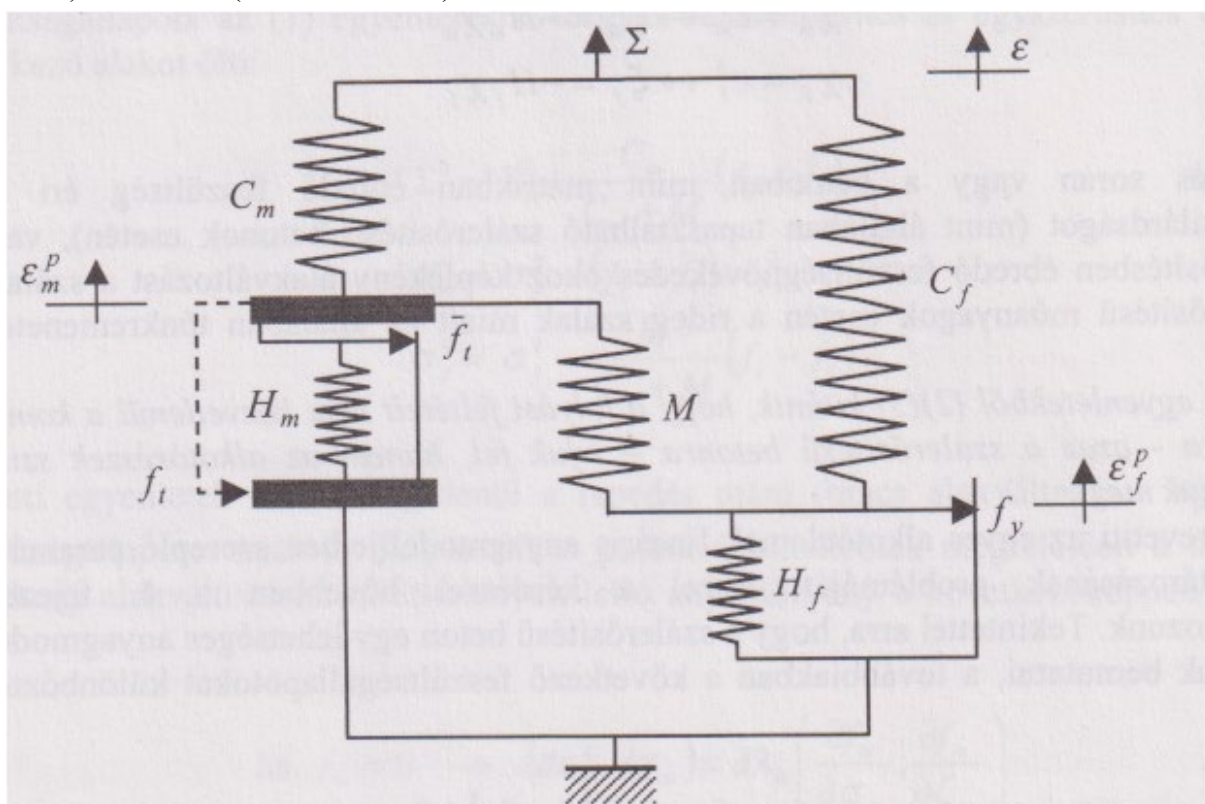
1.5.Sz14. ábra: Az acélszál-erősítésű hajlított betonkeresztmetszet rugalmas-képlékeny, illetve egyszerűsített képlékeny feszültség-alakváltozás diagramja (Dulácska, 1999)

Az 1999. évi „Szálerősítésű beton” konferencián Dulácska Endre professzor a külpontosan nyomott acélszál-erősítésű betonkeresztmetszet, valamint a hajlított és a külpontosan nyomott acélszál-erősítésű vasbetonkeresztmetszet méretezési modelljét is felvázolta. Az elméleti összefüggéseket Dramix acélszállal erősített hajlított beton, illetve vasbetongerendákon végzett kísérletek eredményeivel összehasonlította, és megállapította, hogy a kidolgozott méretezési módszer kellő megbízhatósággal alkalmazható.

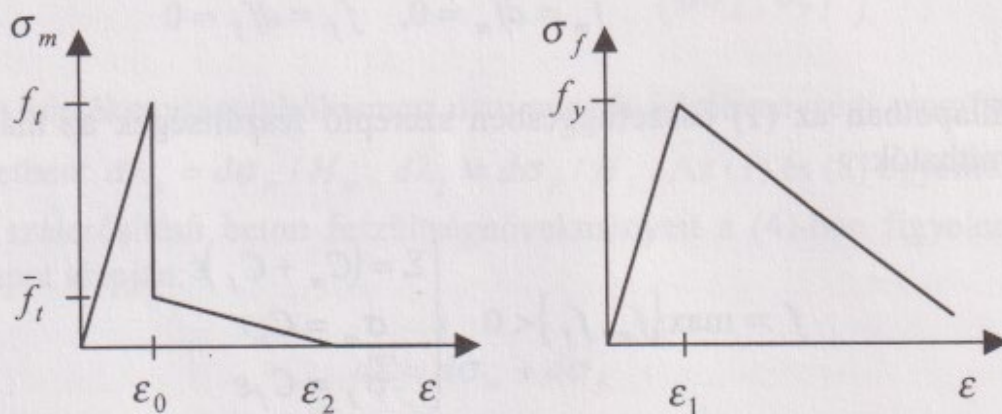
Lásd még: Szálerősítésű beton

Szálerősítésű beton reológiai modellje

A húzott acélszál-erősítésű betonok egy lehetséges felépítésű, egydimenziós (egytengelyű, lineáris) reológiai anyagmodelljét Kovács Imre egyetemi tanár – a tanulmány készítése idején doktorandusz – a *fib* Magyar Tagozata 1999-ben rendezett konferenciáján (Balázs L. szerk., 1999) mutatta be (Kovács I., 1999).



Szálerősítésű beton 1 dimenziós rheológiai modellje



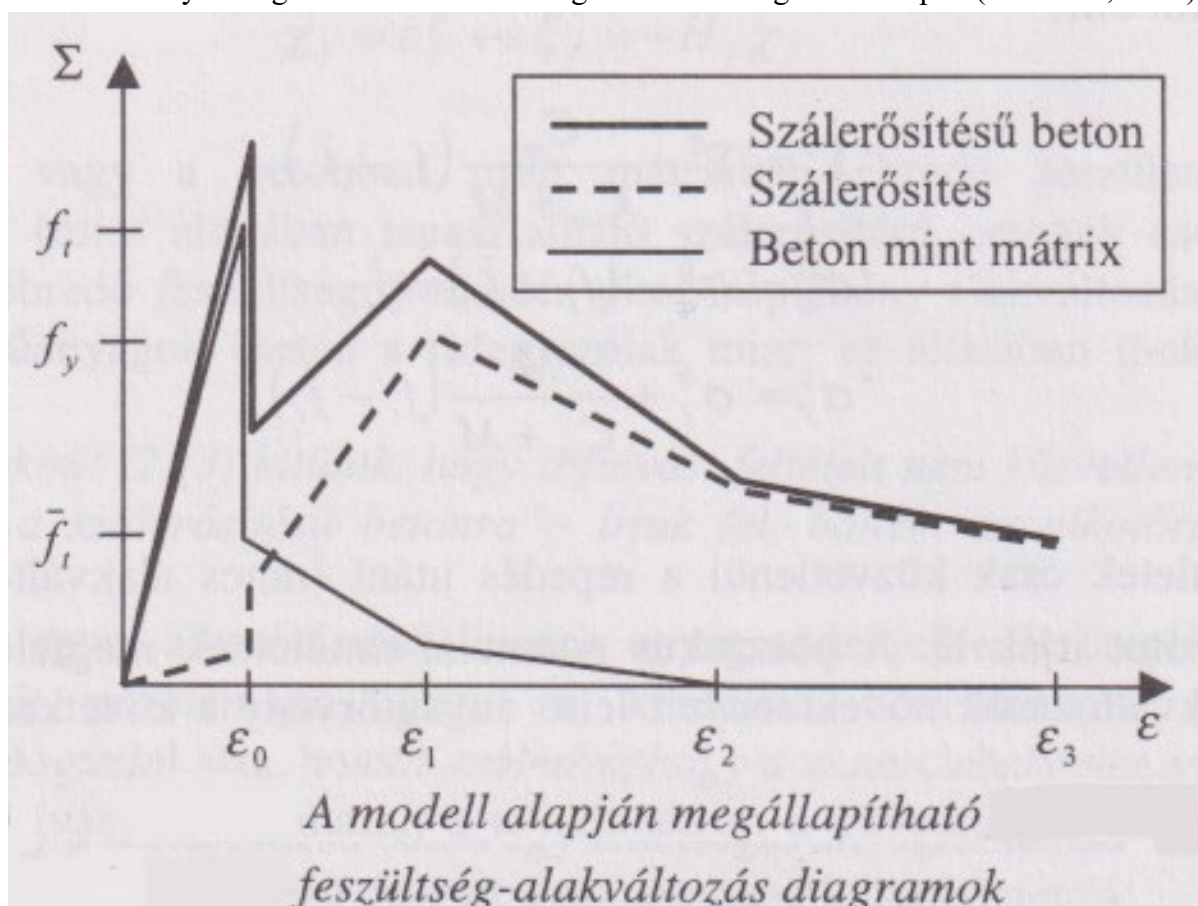
*Az alkotóelemek viselkedését leíró lineáris anyagmodellek
a) a beton mint mátrix anyagmodellje b) a szálerősítés anyagmodellje*

1.5.Sz15. ábra: A szálerősítésű beton lehetséges egydimenziós reológiai modellje (Kovács I., 1999)

A modellnek két összetevője van: az acélszálakat befogadó lineárisan rugalmas - rideg beton, mint mátrix (1.5.Sz15. ábra bal oldala), amelyben annak megrepedése után maradó feszültségek működnek („felpuhulás”¹⁹⁴, angolul: softening) és a lineárisan rugalmas – képlékeny acélszálak (1.5.Sz15. ábra jobb oldala), amelyek hatásukat a betonrepedések megjelenése után fejtik ki. A beton és a szálak között kialakuló kapcsolatot a modellben egy M merevségű rugó jeleníti meg (1.5.Sz15. ábra). (Kovács I., 1999)

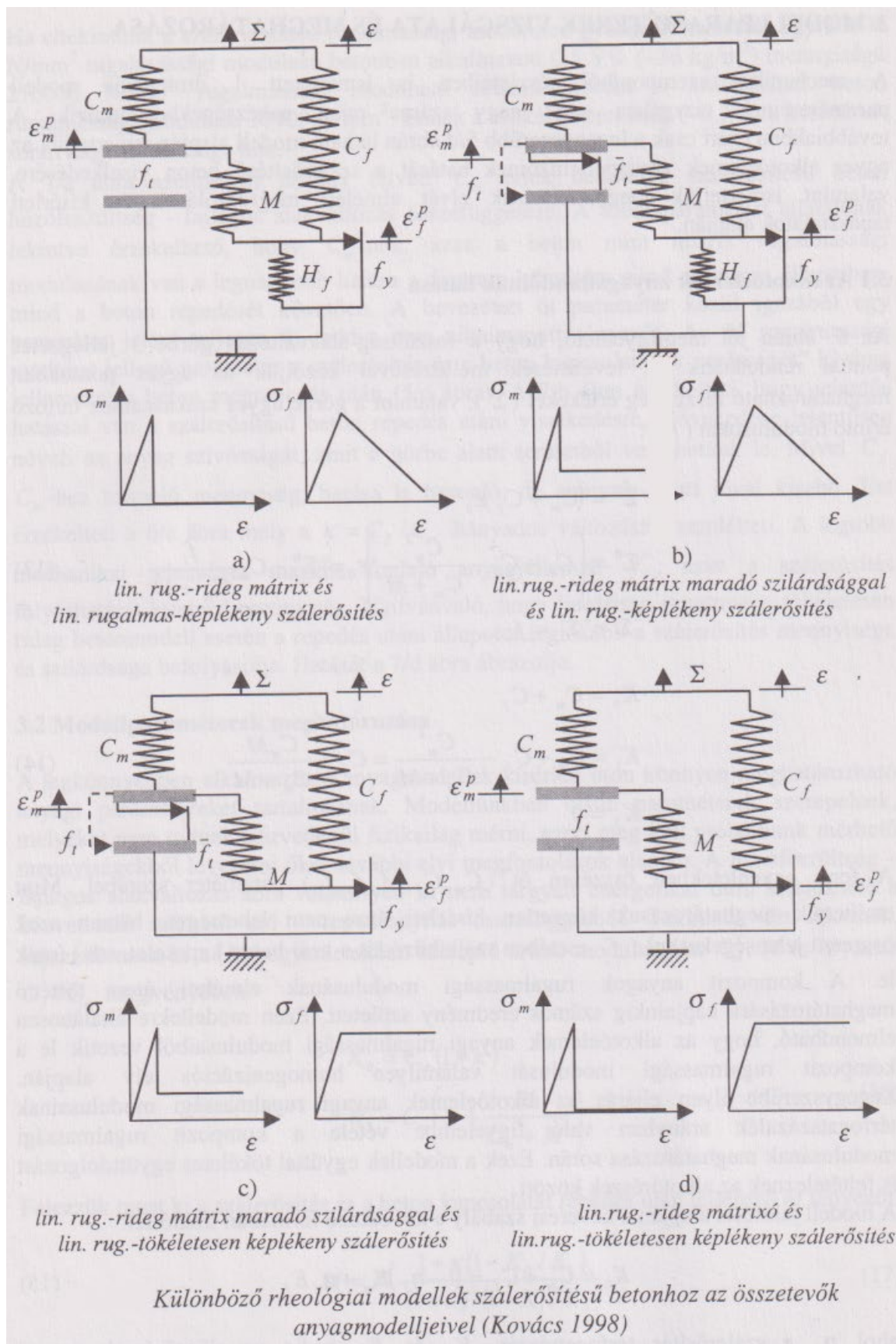
A hármas tagozódású modellben (1.5.Sz15. ábra) a beton lineárisan rugalmas viselkedését egy C_m (m = mátrix) merevségű rugó, a húzószilárdságát egy f_t (t = tensil) szilárdságú repedést jelképező elem, az $\bar{f}_t$ maradó húzószilárdságát egy súrlódó kapcsolat, a beton „felpuhulását” egy H_m merevségű rugó ábrázolja. A szálak rugalmas állapotát egy C_f (f = fiber) merevségű rugó, folyáshatárát egy f_y szilárdságú súrlódó kapcsolat, a betonnak a szálműködést követő „felpuhulását” egy H_f merevségű rugó ábrázolja. A szálerősítésű betonban a külső teherből származó húzófeszültséget Σ , az alakváltozást ε , a betonban kialakuló képlékeny alakváltozásokat ε_m^p (p = plasticity), a szálerősítésben kialakuló képlékeny alakváltozásokat ε_f^p jelöli. (Kovács I., 1999)

A szálerősítésű beton összetevőinek σ_m - ε , illetve σ_f - ε feszültség-alakváltozási görbéi az 1.5.Sz15. ábrán, a szálerősítésű beton ezekből szerkesztett Σ - ε feszültség-alakváltozási görbéje az 1.5.Sz16. ábrán látható. Az 1.5.Sz17. ábrán a képlékeny alakváltozás egyszerűbb eseteihez tartozó néhány reológiai modell és feszültség-alakváltozási görbe szerepel. (Kovács I., 1999)



1.5.Sz16. ábra: A szálerősítésű beton feszültség-alakváltozási diagramjának szerkesztése a lehetséges egydimenziós reológiai modell alapján (Kovács I., 1999)

¹⁹⁴ Felpuhulás = fellágyulás = A repedések megjelenése a betonban a feszültségeket csökkenti, és a beton képlékenyebben viselkedik. A beton „felpuhulásáról” például Vonk, R. A. (1992), E. Ferretti (2004) és mások írtak cikket.



1.5.Sz17. ábra: Példák a szálerősítésű beton lehetséges, egyszerűbb egydimenziós reológiai modelljére (Kovács I., 1999)

Lásd még: Reológia, Reológiai modell, Szálerősítésű beton

Szálerősítésű lövellt beton (újabb megnevezés), **szálerősítésű löttbeton** (régebbi megnevezés)

Angolul: Fibre reinforced shotcrete, rövidítése: FRS

Németül: Faserspritzbeton, rövidítése: FaSpB (ÖVBB-Richtlinie Faserbeton, 2008), FRSpC (ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, 2009)

A matematikai statisztika nyelvén szólva a *szálerősítésű lövellt betonok* a szálerősítésű betonok (A halmaz) és a lövellt betonok, más szóval löttbetonok (B halmaz) „közös része”, azaz a szálerősítésű betonok (A halmaz) és a lövellt betonok (B halmaz) „metszete”, halmazműveleti jellel: $A \cap B$.¹⁹⁵

E hasonlaltal annak kapcsán élünk, hogy a szálerősítésű lövellt betonok tulajdonságainak szabályozásában érthető módon élenjáró – gondoljunk a természeti adottságokból eredően fontos osztrák alagútépítésre – Osztrák Beton- és Építéstechnikai Egyesülés (ÖVBB Österreichische Vereinigung für Beton- und Betontechnik) 2008-ban a szálerősítésű betonok műszaki irányelvét (Richtlinie Faserbeton), 2009-ben pedig a lövellt betonok műszaki irányelvét (Richtlinie Spritzbeton) adta ki, és ezek „közös része”, közös alkalmazási területe a szálerősítésű lövellt betonok építéstechnológiája.

Az FaSpB, illetve FRSpC jelű szálerősítésű lövellt betonok a szálerősítésű betonok anyagtani tulajdonságait (lásd *könyvünk* „Szálerősítésű beton” szócikkét) és a lövellt betonok felhordásmódját (lásd *könyvünk* „Lövellt beton” szócikkét) ötvözik magukban.

A szálerősítésű lövellt beton jele az ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (2009) műszaki irányelv szerint: FRSpC, például: FRSpC 20/25 – II - J2 - XC1 – $D_{\max} = 8 \text{ mm}$

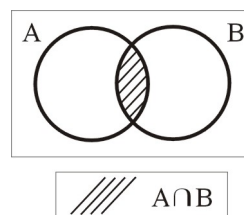
A szálerősítésű lövellt beton tulajdonságai – különleges tulajdonságai figyelembevételével – az MSZ EN 14487-1:2023 szabvány szerint (7,5 cm-es elemvastagságig a $D_i S_i$ maradó hajlító-húzószilárdsági osztály vagy az energiaelnyelő-képesség alapján) és például az ÖVBB-Richtlinie Faserbeton (2008) osztrák műszaki irányelv szerint (7,5 cm-nél nagyobb elemvastagság esetén az első repedéshez tartozó BZ hajlító-húzószilárdsági osztály vagy az energiaelnyelő-képesség alapján) értékelhetők.

Az acél-erősítőszálakat tartalmazó acélszál-erősítésű lövellt betonnak nincs különösebben nagy szilárdsága, de jobban alakítható, így jó építőanyag például az alagútépítéshez. Az acélszálak a beton megrepedése után húzószilárdságot kölcsönöznek a betonnak – megjegyzés: a tágulási hézagokat (fugákat) az acélszálak nem fogják át –, miáltal például az alagútközet alakváltozása esetén a beton megtarthatja a kohézióját (összetartó erejét), ha az igénybevétel nem túlzottan nagy. A lövellt betonos alagútépítés során az acélszál-erősítéssel az erősítő betonacélháló lefektetésének költsége és ideje is megtakarítható, és az még vékony és/vagy szabálytalan alakú lövellt beton rétegek esetén is előnyös az erősítő betonacélhálók (Bewehrungsmatte) alkalmazása helyett. Mivel nincs szükség merevítő betonacélrudakra sem (Bewehrungsstab), azok lövellés-árnyékoló hatása sem jelentkezik, így sűrűbb, tömörebb lesz a megszilárdult acélszál-erősítésű lövellt beton. (Springenschmid, 2007 és 2018)

¹⁹⁵ Két halmaz „közös részének” („metszetének”) Venn*-diagrambéli halmazelméleti ábrázolása.

*John Venn (1834, Kingston upon Hill – 1923, Cambridge) anglikán lelkész és angol matematikus, 30 éven át a természetfilozófia és a logika chambridge-i professzora. John Venn volt az első, aki matematikai elmélet formájában kidolgozta a valószínűség gyakorisági fogalmát. A Venn-diagrammok használata Venn „Symbolic Logic” című tanulmányának közzététele (1866) után vált általánossá.

Forrás: Rinne, H.: Taschenbuch der Statistik. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH. Frankfurt am Main, 2008; https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/matematika_9_1/lecke_01_007; https://de.wikipedia.org/wiki/John_Venn



Acélszál-erősítésű lövellt beton készítésére csak viszonylag rövid acélszálak alkalmasak. Az acélszál hossza ne legyen több, mint a lövellt betont szállító vezeték átmérőjének eltömődések elkerülése érdekében ne legyen nagyobb, mint a szállítóvezeték átmérőjének 2/3-a, leginkább csak 1/3-a. Az acélszálak jó beágyazódása érdekében kis átmérőjű profilozott vagy hajlított szálakat kell használni. A visszahullás mennyisége csökkenthető, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 8 mm-nél nem nagyobb, és a kötőanyag-tartalom pedig valamivel nagyobb a szokásosnál, általában 30 és 80 kg/m³ közötti érték. Figyelembe kell venni, hogy a szálak egy része a visszahulló betonnal elvész. Feltételezhető, hogy a lövellt beton acélszáalai a felhordási felület síkjába rendeződnek. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

A száltartalomról szólva: Az MSZ EN 14488-7:2006 szabvány szerint meg lehet határozni a friss vagy megszilárdult acélszál-erősítésű lövellt betonból vett minták segítségével az acélszál-erősítésű lövellt beton acélszál-tartalmát, illetve a friss polimerszál-erősítésű lövellt betonból vett minták segítségével a polimerszál-erősítésű lövellt beton polimerszál-tartalmát. A szabvány szerinti „A módszer” a megszilárdult lövellt beton acélszál-tartalmának, a „B-módszer” a friss lövellt beton acélszál- vagy polimerszál-tartalmának mérésére alkalmas.

A szálak a betonkeverőgépben, valamint a szórógépben vagy a fűvókánál keverhetők a betonba, de a betonkeverőben nagyobb pontossággal adagolhatók, mint a szórógépben vagy a fűvókánál. A felhordás történhet nedves vagy száraz eljárással. A lövellt beton nedves- vagy száraz-technológiájú lehet. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

Hátrányos, hogy az acélszálak növelik a keverő- és szállítóberendezések kopását, és emellett jelentős gondot jelentenek a lövellt beton felhordása során szétrepülő túszerű acélszálak, amelyek okozta baleset ellen például védőruházattal kell védekezni. (*Springenschmid*, 2007 és 2018)

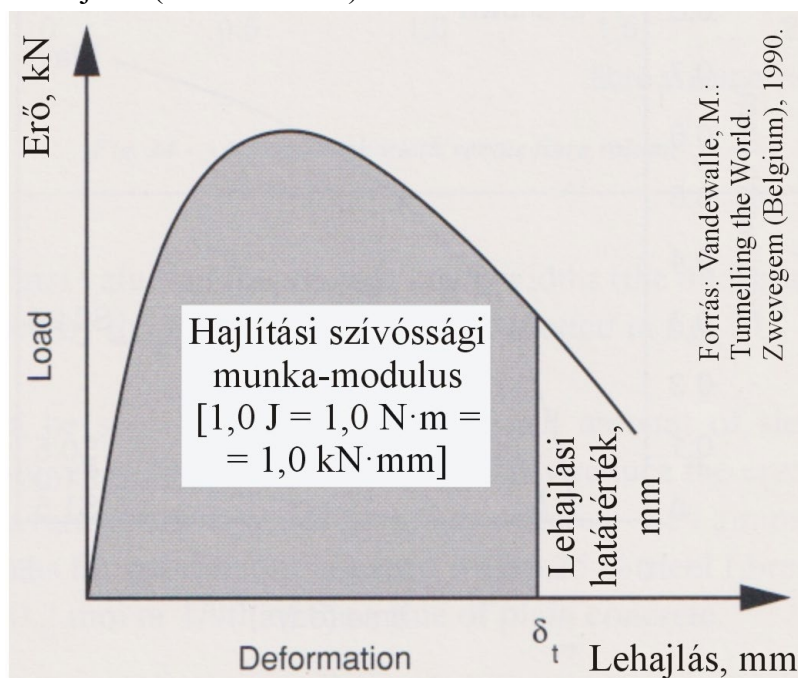
Az acélszál-erősítésű lövellt beton alkalmazásáról – különös tekintettel az alagútépítésre – a belga *Bekaert* acélgyár kiadásában *Marc Vandewalle* írt könyvet (*Vandewalle*, 1990). Az acélszál-erősítésű betonnak, illetve habarcsnak lövellt betonként való alkalmazásával az 1970-es évek elején kezdtek kísérletezni; és ma már mind száraz-, mind vizes technológiai eljárásaként széles körben alkalmazzák a sziklafalak megerősítésétől és a földalatti terek, alagutak kialakításától kezdve egészen a földfelszíni építmények helyreállításáig és a héjszerkezetek építéséig.

Az acélszál-erősítés által javul a lövellt beton repedésállósága, duktilitása (képlékeny alakváltozás szakadás nélkül), energiaelnyelő-képessége (a beton hajlítási szívóssága, illetve az azt kifejező hajlítási szívóssági munka-modulus) és ütésállósága. Az acélszálak hatékonysága a hosszúság/átmérő karcsúsági hányados növekedésével nő, de minél nagyobb az acélszál karcsúsági hányadosa és a beton térfogatszázalékban kifejezett acélszál-tartalma, annál nehezebb az acélszál-erősítésű lövellt beton keverése, szállítása és lövellése. Az acélszálakat különböző módon lehet a lövellt betonba keverni (*Vandewalle*, 1990):

- a betonösszetevők után az acélszálakat is közvetlenül betonkeverőgépbe juttatják;
- az acélszálakat a homokkal és kavicssal együtt szállítószalaggal vagy serleges adagolóval juttatják a keverékhez;
- az acélszálak hozzáadhatók a bemért homok és kavics mennyiségéhez az adagolóban;
- az acélszálakat a lemért és adagolt betonösszetevőkkel együtt a mixer-gépkocsi keverődobjába juttatják;
- lehetőség van arra is, hogy az acélszálakat például szállítószalaggal a mixer-gépkocsi megtöltött, gyorsan forgó keverődobjába vigyék;
- az acélszálak valamely nagyméretű (mintegy 1,5 tonna befogadóképességű) tartályban lemérhetők, majd hozzáadhatók a betonkeverékhez.

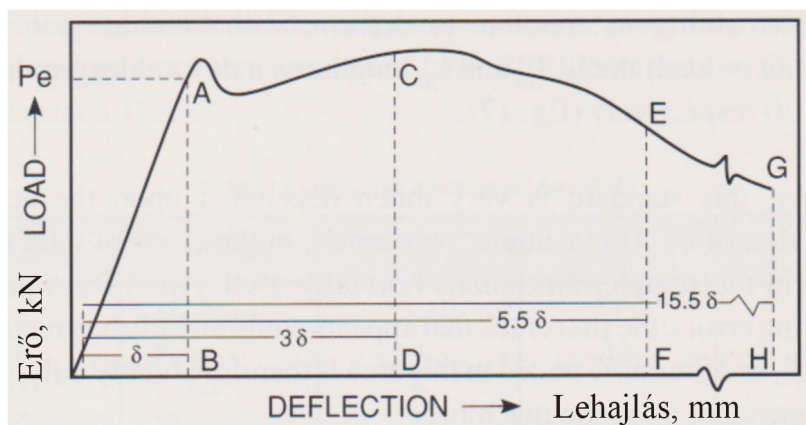
Az erősítő acélszálak hatékonyságát – ahogy az acélszál-erősítésű beton (SFRC), úgy az acélszál-erősítésű lövellt beton (SFRS) esetén is – az acélszál-erősítésű betonból készített hajlított betonpróbatest energiaelnyelő-képessége (hajlítási szívóssága) alapján

szokás megítélni, amely energiaelnyelő-képességet a próbatest erő-lehajlás diagramja alatti megfelelő terület nagyságával, más szóval a próbatest hajlítási szívóssági munka-modulusával lehet kifejezni (1.5.Sz18. ábra).



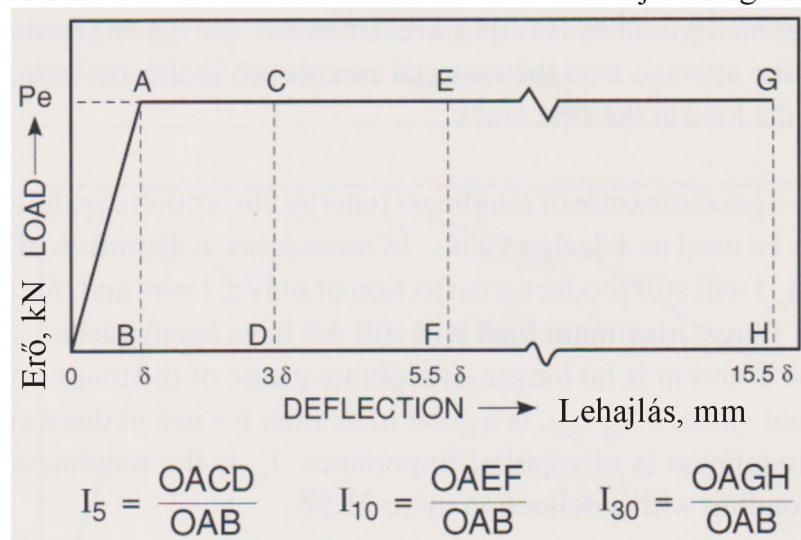
1.5.Sz18. ábra: Az acélszál-erősítésű lövellt beton (SFRC) hajlítási szívósságát kifejező hajlítási szívóssági munka-modulus értelmezése (Vandewalle, 1990)

Az acélszál-erősítésű lövellt betonban lévő erősítő acélszálak hatékonyságát például az amerikai ASTM C 1018:1989 (1.5.Sz19. ábra), a belga NBN B 15-238:1992, a japán JSCE-SF3:1984, a spanyol UNE 83-600:1994 szabvány, valamint a német DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton:2021 (DAfStb-Richtlinie:2021) és az osztrák ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton:2009 műszaki irányelv szerint a harmadponton terhelt kéttámaszú hajlított próbahasáb hajlítási szívóssági munka-modulusa alapján ítélik meg. (<https://www.betonopus.hu/notesz/szalerositesu/szalerositesu.pdf>)



ASTM C 1018:1989

Erő-lehajlás diagram



ASTM C 1018:1989

Egyenértékű erő-lehajlás diagram

1.5.Sz19. ábra: A hajlítási szívóssági munka-modulus meghatározását szemléltető ábra a visszavont ASTM C 1018:1989 szabványban (Vandewalle, 1990) (Az ASTM C 1018 szabvány érvényes változata: ASTM C 1018:2017)

Lásd még könyvünk Szálerősítésű beton szócikkét.

Franciaországban az EFNARC (Betonérdekeltségű Nemzeti Társaságok Európai Szövetsége) kutatói (Roux et al., 1989) az erősítőszálak hatékonyságának vizsgálatára sajátos módszert dolgoztak ki (1.5.Sz20. és 1.5.Sz21. ábra). Az eljárás lényege, hogy a négyoldalon alátámasztott 600×600×100 mm méretű acélszál-erősítésű beton-próbalemezt lemezközépen 100×100×20 mm méretű felületen, lemezközépen 30 mm-es lehajlásig meg kell terhelni, és az energiaelnyelő-képességet az erő-lehajlás diagram alatti – 0 mm és 25 mm értékű abszcisszák közé eső – területtel, joule mértékegységben kell kifejezni. A kidolgozott, EFNARC-Test-nek nevezett vizsgálati módszer az 1999-ben angol nyelven (EFNARC Sprayed Concrete), és a 2000-ben német nyelven (EFNARC Spritzbeton) kiadott műszaki irányelv alapjául szolgált, majd forrását jelentette az EN 14488-5:2006 (MSZ EN 14488-5:2006) szabványnak.

Alagútjavítási munkákhoz az SNCF (Francia Nemzeti Vasúttársaság) szerint az a szálerősítésű lövellt beton felel meg, amelynek az energiaelnyelő-képessége 25 mm-es próbalemez-lehajlásnál legalább 500 joule. (Vandewalle, 1990)

Ennek a földmívizsgálatnak számos fontos előnye van (Vandewalle, 1990):

- a négyoldalon alátámasztott próbalemez sokkal jobban megfelel az energiaelnyelő-képesség vizsgálatának, mint a hajlított próbahasáb, mert a szimulálja a lövellt beton bélés folytonosságát;
- mivel a valóságban az acélszálak legalább két irányban hatnak, és nem csak egy irányban, mint a hajlított hasábpróbanál, a szálak erősítő hatása a négyoldalon alátámasztott próbalemezben nagyon hasonló az acélszál-erősítésű lövellt beton tényleges viselkedéséhez;

- az EFNARC-Test-tel vizsgált acélszál-erősítésű lövellt beton könnyen összehasonlítható az acélhálósval megerősített lövellt betonnal, mert mindkettőt ugyanúgy kell vizsgálni.

BÉTON PROJETÉ PAR VOIE SÈCHE AVEC INCORPORATION DE FIBRES

AVERTISSEMENT

Les rédacteurs de ce document, MM Roux, Cheminais, Rivallain et Mourand appartiennent à la division des sols, tunnels et maçonneries du département des ouvrages d'art de la SNCF. Ils remercient les représentants des sociétés suivantes

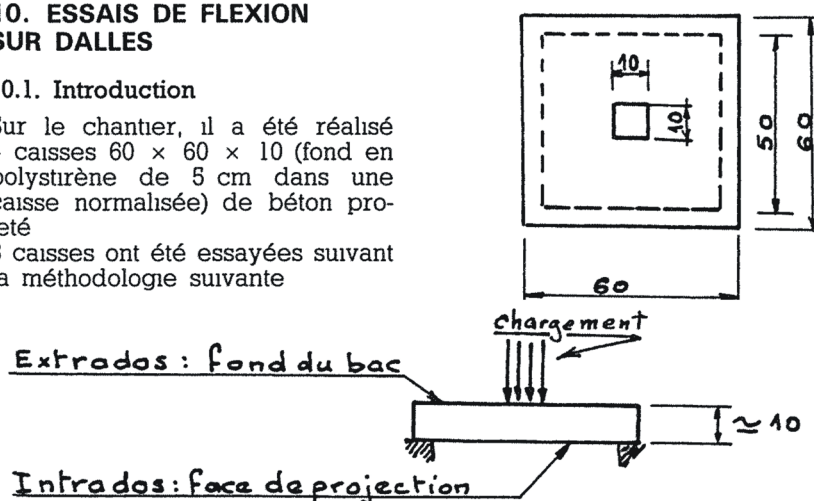
— MM Maille et Vandewalle de Bekaert, fabricant des fibres Dramix,

10. ESSAIS DE FLEXION SUR DALLES

10.1. Introduction

Sur le chantier, il a été réalisé 4 caisses $60 \times 60 \times 10$ (fond en polystyrène de 5 cm dans une caisse normalisée) de béton projeté

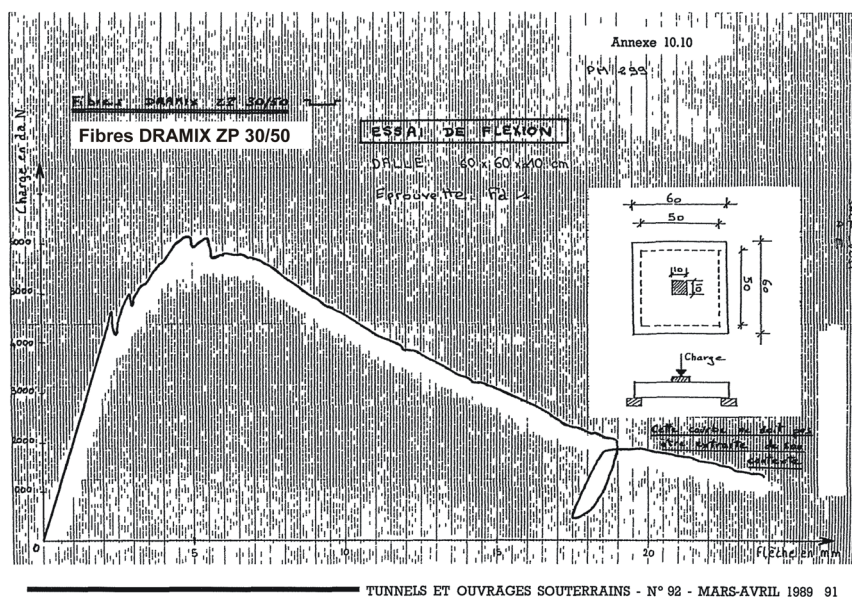
3 caisses ont été essayées suivant la méthodologie suivante



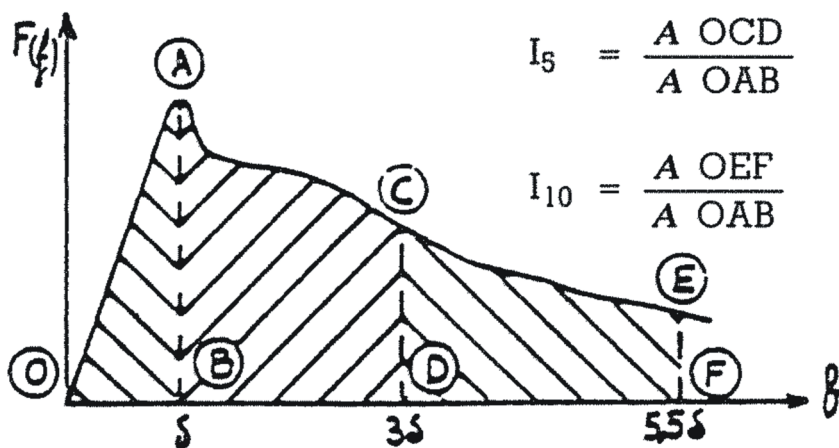
TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS - N° 92 - MARS-AVRIL 1989 61-97.

1.5.Sz20. ábra:

Első összevágott kép (montázs) a négyoldalon alátámasztott $600 \times 600 \times 100$ mm méretű acélszál-erősítésű próbalemezekkel Franciaországban végzett – ún. EFNARC-Test – hajlítási szívóssági kísérletről beszámoló Roux et al. (1989) folyóiratcikkéből

**1.5.Sz21. ábra:**

Második összevágott kép (montázs) a négyoldalon alátámasztott 600×600×100 mm méretű acélszál-erősítésű próbalemezekkel Franciaországban végzett – ún. EFNARC-Test – hajlítási szívóssági kísérletről beszámoló Roux et al. (1989) folyóiratcikkéből



Marc Vandewalle (1990) könyvében a következő, a szálerősítésű lövellt beton felhasználásával készült közúti alagutak építéséről található vázlatos ismertetés:

- a Madridot és Sevilla-val összekötő útvonalon, az 1992-es világkiállításra épült 15 darab, összhosszában 15 km hosszú, egyenként 300 m és 2,5 km közötti hosszúságú közúti alagút;
- a hongkongi Tsuen Want és Sha Tint városokat összekötő közúton, 1987 és 1990 között épült, három szakaszból álló, összesen 2,6 km hosszú Shing Mun ikeralagút;
- a kanadai Sziklás-hegység (Rocky Mountain) 1980 után épült négy közúti alagútja, amelyek közül a 9 km és a 6 km hosszú alagútban csak ott használtak acélszál-erősítésű lövellt betont, ahol a geológiai viszonyok ezt megkövetelték, a 370 m és a 270 m hosszú alagutat pedig teljes egészében acélszál-erősítésű lövellt betonnal bélelték ki;
- az Oslot átszelő 3,6 km hosszú autópálya föld alatt futó 2,9 km hosszú szakaszát képező, két párhuzamos, háromsávós, részben acélszál-erősítésű lövellt betonnal bélelt alagút;
- a tajvani Sun Moon Lake tó vizét – villamos energiát termelő erőművi generátor működtetéséhez – hasznosító, 1987 és 1993 között több szakaszban épült, 6271 m hosszú, 7,5 m belső átmérőjű, acélszál-erősítésű lövellt betonnal bélelt vízvezeték-alagútja. A vízvezetéken csúcsidőben a 749 m magasan fekvő felső víztározóból a 345 m magasan fekvő tóból oda előzőleg felszivattyúzott vizet az alsó, a tó vízszintje alatt fekvő víztározóba juttatják, míg az erőművek éjszakai többletenergiájával az alsó víztározóból a felső víztározóba szivattyúzzák a vizet, hogy azzal másnap áramot termelhessenek;

- a hongkongi Kowloon és Sha Tint városok közötti, csaknem 4 km hosszú, két, egymással párhuzamosan futó, egyenként kétsávos, „Tate's Cairn Road Tunnel” nevű, 1988-1991 között épült, 10,7 m széles és 8,0 m magas közúti alagút;
- a norvégiai, a Kirkøy szigetet a Hvaler szigetszoport többi szigetével összekötő, 3751 m hosszú, legmélyebb pontján mintegy 120 m mély, 10%-os lejtéssel futó, 1986-1989 között épült, tenger alatti közúti alagút.

Ajánlott olvasmány: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>

Lásd még: Arányosság határ, Lövellt beton, Repedéstágasság (bemetszéstágasság) változás, Szálerősítésű beton, Szívósság betonok esetén

Szálfinomság

Lásd: Fonalfinomság

Száradási kúszás

Száradási kúszás akkor jelentkezik, ha a beton száradás közben kúszik. A száradási kúszás annál nagyobb, minél gyorsabb a száradás. A száradás a környezet páratartalmától is függ. A száradás felületi jelenség, ezért a száradási kúszás a vékony szerkezeti elemek esetén nagy, a vastag szerkezeti elemek esetén pedig gyakorlatilag elhanyagolható. Jele: $\epsilon_{\text{száradási}}$

Lásd még: Hatásos vastagság, Kúszás

Száz év tervezési élettartamú beton

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén a nemzeti ajánlások és tájékoztatások – ezeket dőlt betűvel írták – előírások, azaz kötelezően alkalmazandók (például az N, O, P melléklet stb.)

Lásd még: Tervezési élettartam,

<https://www.betonopus.hu/notesz/szaz-ev-tervezesi-elettartam.pdf>,

Szelőmodulus

A szelőmodulus (E_{cm}) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint a 28 napos korú szokványos (közönséges, normál) beton $\sigma_c = 0$ és a $0,4 \times f_{\text{cm,cyl}}$ pontokon átmenő egyeneshez tartozó rugalmassági modulusa.

A szelőmodulus $E_{\text{cm}} = 22 \times (f_{\text{cm}}/10)^{0,3}$ összefüggés alapján meghatározott, N/mm² mértékegységben kifejezett értékeit az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata tartalmazza.

Ezeket az értéket mészkő adalékanyag esetén általában 10%-kal és homokkő adalékanyag 30%-kal csökkenteni kell. Bazalt adalékanyag esetén ezek az értékek általában 20%-kal növelendők.

A szelőmodulus időbeli változása a következőképpen becsülhető: $E_{\text{cm}}(t) = (f_{\text{cm}}(t)/f_{\text{cm}})^{0,3}$, ahol $E_{\text{cm}}(t)$ és $f_{\text{cm}}(t)$ a t napos korhoz tartozó értékek, és f_{cm} a 28 napos korhoz meghatározott érték.

A beton relatív átlagos nyomószilárdságának (a nyomószilárdság relatív várható értékének) az $E_{\text{cm}}(t)$ szelőmodulus meghatározásához szükséges $\beta_{\text{cc}}(t) = f_{\text{cm}}(t)/f_{\text{cm}}$ értéke a beton korától függő tényező:

$$\beta_{\text{cc}}(t) = \frac{f_{\text{cm}}(t)}{f_{\text{cm}}} = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$$

ahol:

- CEM 42,5 R, CEM 52,5 N és CEM 52,5 R szilárdsági osztályú cement esetén (R osztály) $s = 0,20$;
- CEM 32,5 R, CEM 42,5 N szilárdsági osztályú cement esetén (N osztály) $s = 0,25$;
- CEM 32,5 N szilárdsági osztályú cement esetén (S osztály) $s = 0,38$.

Ezt a rugalmassági moduluszt hazánkban hagyományosan húrmodulusnak (E_D) neveztük, és általában a σ - ε görbe $\sigma/\sigma_t = 0,6$ relatív feszültséghez tartozó pontjában határoztuk meg.

Jele: E_{cm} , E_D , mértékegysége N/mm² vagy MPa

Lásd még: Rugalmassági modulus tervezési értéke, e könyv II. kötetének 20.1.9.6. fejezete

Szemalak, Szemcsealak

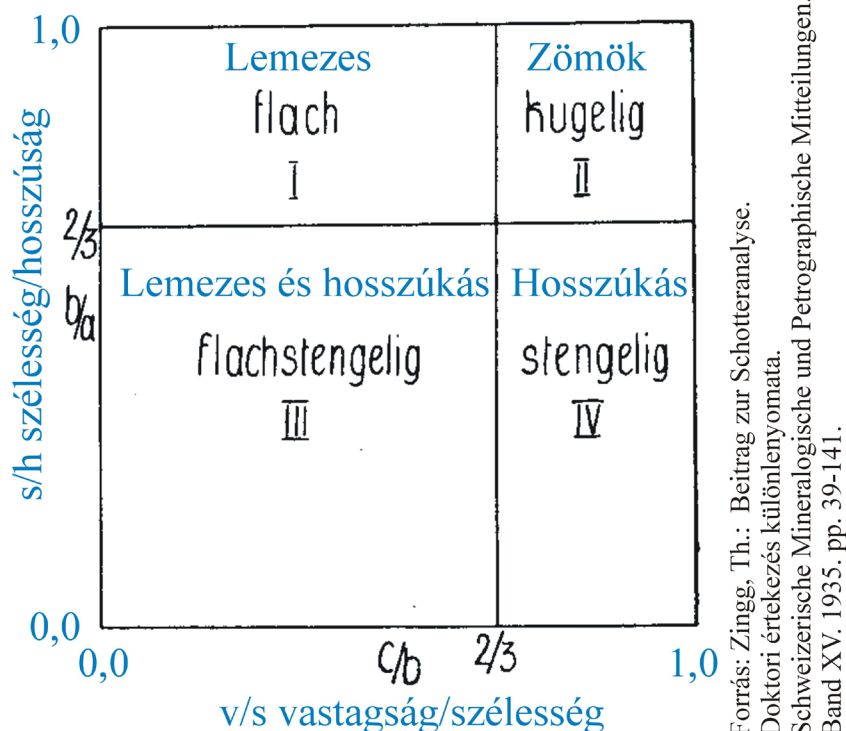
A szemalak az adalékanyag geometriai fogalmainak egyike. Tárgyalása során a másik két geometriai fogalomtól, mint a szemnagyságtól és a szemérdességtől elvonatkoztatunk.

A betonadalékanyag szemalak szerinti jellemzésének – többek között, mint például az aszfaltútépítési adalékanyag vagy a vasúti ágyazati zúzottkő szemalakja stb. – azért van jelentősége, mert általa hasznosítható a több évtizedes a felismerés, hogy a zömök szemalakú adalékanyag szemek a friss beton bedolgozhatósága és a szilárd beton nyomószilárdsága, valamint a burkolat-felületi beágyazottság szempontjából, a lemezes szemalakú adalékanyag szemek pedig a friss beton állékonysága és a szilárd beton hajlító-húzószilárdsága szempontjából előnyösek.

A szemalak beton- és aszfalttechnológiai jelentőségének felismerése szükségszerűen magával hozta a szemalak-jellemzőmódok kialakítását. A szemalak jellemzésnek *közvetlen, közvetett és kombinált módszerei* vannak.

A *közvetlen módszerek* vagy a szemalak szerinti gyakoriságfüggvénynek, vagy a küszöbértéknek meg nem felelő szemek gyakoriságának meghatározását célozzák, és így vagy *mérési vagy minősítési eljárások*.

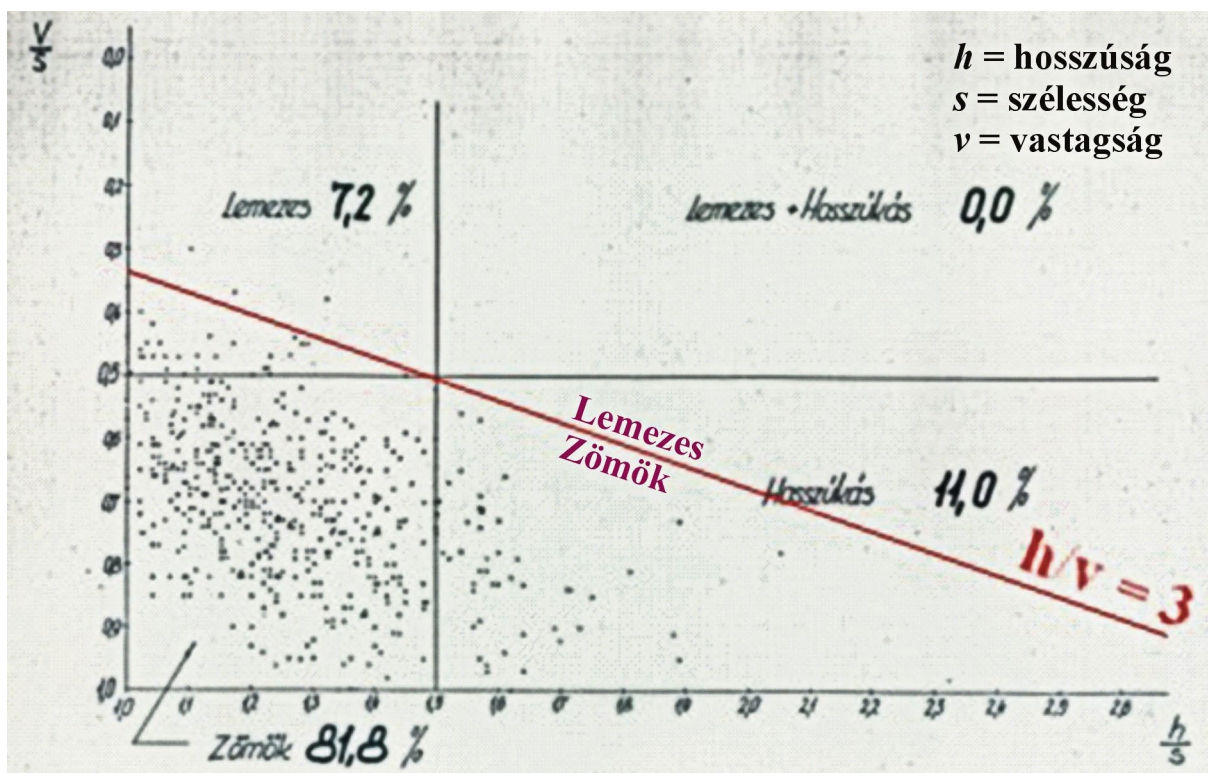
A *közvetlen mérési módszert* Th. Zingg a Zürichi Műszaki Egyetemen (ETH Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich) benyújtott doktori értekezésével vezette be (1.5.Sz22. ábra), (Zingg, 1935), mai formáját (1.5.Sz23. ábra) F. de Quervain alakította ki (Quervain, 1950, 1953). Eszerint ma a szemet a szemalakára koordináta-rendszerében a hosszúság/szélesség (h/s) és vastagság/szélesség (v/s) koordinátájú pont képviseli. Az ábrázolópontok gyakorisága képezi a szemalak szerinti gyakoriságot.



Forrás: Zingg, Th.: Beitrag zur Schotteranalyse.
Doktori értekezés különnyomata.
Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen.
Band XV. 1935. pp. 39-141.

1.5.Sz22. ábra:
Szemalakára
Th. Zingg doktori
értekezésében
(Zingg, 1935)

$v < s < h$ vastagság < szélesség < hosszúság



1.5.Sz23. ábra: Szemalakábra az MSZ 18288-3:1978 szabvány szerint. A h/v határérték az MSZ EN 933-4:2008 szabvány szerinti SI jelű „szemalaktényező” vizsgálati feltétele is.

A Zingg-Quervain-féle módszer közvetlen minősítéses változata számos országban, így hazánkban is szabványos volt (MSZ 4713:1955, MSZ 4713-3:1977, MSZ 1991:1967, MSZ 18283 – 182289:1975). A minősítés egyszerűsítése érdekében többen segédeszközt, réses rostát, szemalak mérő, hajlítómérő, szemalakmérő ollót, tolómérő, fotogrammetrikus eszközt szerkesztettek, amelyek közül a K. Schulze által javasolt (Schulze, 1953), hazánkban szintén szabványos volt (MSZ 1991:1967, MSZ 18283 – 182289:1975), a hosszúság/vastagság = 3 küszöbérték szerinti minősítésre alkalmas szemalak tolómérő hódított teret (Reznák, Mélyépítéstudományi Szemle, 1967 és Építőanyag, 1967), (Kausay, 1977). A Schulze-féle tolómérő hasonmása – amelynek alkalmazását Reznák László¹⁹⁶ vezette be (Reznák, 1974) –

¹⁹⁶ Reznák László (1928, Cegléd – 2009, Budapest) okl. építőmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa. A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot a Magyar Tudományos Akadémián „Útpályák csúszásellenállásának mérése és érdes kialakítása” című értekezésével 1974-ben nyerte el.

Munkahelye az UKI Útügyi Kutató Intézet volt, amely 1971-től KÖTUKI Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet, majd 1982-től KTI Közlekedéstudományi Intézet néven működött, illetve működik. Reznák László a kutatóintézet egyik meghatározó szakmai egyénisége volt. Szakmai tevékenységének fő területe az útépitési kőanyagok fajtáinak, minőségének, minőségi követelményeinek, az útépitési kőanyagok európai és hazai szabványosításának, az útépités technológiájának kutatására esett. Jelentős eredményeket ért el az útépitési kőanyagok korszerű vizsgálati módszerei bevezetésének, a hazai első közúti kövizsgáló laboratórium berendezésének, megszervezésének és irányításának, a folyékony és hígított bitumen hazaszátlási technológiájának, az útburkolat-felület csúszásellenállásának és a felületbeli köszemcsék polírozódási hajlama mérési módszerének kidolgozása terén (Gáspár, 1999).

Tagja volt a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén 1978-1991 között működött építési kőanyagok szabványbizottságának, amely összesen 50 különböző MSZ magyar nemzeti szabványt dolgozott ki (<http://www.betonopus.hu/notesz/msz-ko-szabvanyjegyzek/msz-ko-szabvanyjegyzek.pdf>).

Számos előadást tartott német és angol nyelven is, tudományos cikkeinek, közleményeinek száma több tucat. Nevezetes például a dr. Ács Péterrel közösen írt „Kő és kohósalakkő” című könyve, amelyet az Útügyi Kutató Intézet 1965-ben adott ki, vagy az Közlekedéstudományi Intézet 1982-ben és 1996-ban is megjelentetett 1. sz. „Hazai útépitési kőanyagok” című kiadványa (szerzők: dr. Reznák László, dr. Kovács József és dr. Badinszky Péter).

az egykori hazai termékszabványok szerinti vastagság/szélesség = 0,5 szerinti minősítést tette lehetővé (MSZ 1992:1970, MSZ 18291:1978, MSZ 1991:1967, MSZ 18283 – 182289:1975). *Kausay* (1977) a *Zingg-Quervain*-féle módszert úgy fejlesztette tovább, hogy az a szemalak szerinti relatív gyakoriságon túl számszerű szemalakjellemzőt is szolgáltatson.

Közvetett eljárással *W. Pickel* és *G. Rotfuchs* a fajlagos szemcseszám (*Pickel* et al., 1938), *F. Schiel* a vízben süllyedő szemek sebessége (*Schiel*, 1941), *F. A. Shergold* a halmaztérfogat (*Shergold*, 1953), *R. M. Rex* és *R. A. Peck* (*Rex* et al., 1956), valamint *Reznák László* (*Reznák*, 1965, Mélyépítéstudományi Szemle, 1967 és Építőanyag, 1967) a szemek tölcserből való kifolyásának sebessége alapján ítélte meg a szemalakot.

Kombinált szemalak vizsgálati módszerként *H. Wadell* a szem és az ugyanolyan térfogatú gömb felületének (*Wadell*, 1932), *F. Schulz* a szemet befoglaló hasáb és a szem térfogatának (*Schulz*, 1954), a régi MSZ 4713:1955 vizsgálati szabvány szerzője a szem és a köréje rajzolható gömb térfogatának, *D. Szotirov* és *K. Aszenov* a szem és annak vastagságával azonos élhosszúságú kocka térfogatának, illetve ezek összegének hányadosát (*Szotirov* et al., 1965) számította ki. (*Kausay*, 1967)

Az adalékanyag szemalakja a természetesen aprózódott homokok, kavicsok és homokos kavicsok esetén adottság, míg a zúzott adalékanyagok esetén a gyártási technológiával befolyásolható geometriai tulajdonság. Ezzel magyarázható, hogy az MSZ 4798:2016 szabványban csak a zúzottkő, zúzottkavics és újrahasznosított adalékanyag, valamint a visszanyert tört adalékanyag, továbbá a zúzottkőbetonból, zúzottkavicsbetonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciók szemalakjára írtak elő követelményeket.

A természetes homokok szemalakjával kapcsolatban megjegyzendő, hogy a kőművesek azért készítik a vakolóhabarcsot bányahomokból, mert a bányahomok a folyami homoknál gömbölyűbb szemalakú, ami a vakolat simítását elősegíti.

Az MSZ 4798:2016, illetve MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD E2. táblázata szerint a 4 mm feletti zúzott betonadalékanyag frakciók alkalmazhatóságát szemalak szempontjából a *réses rostával* vizsgálandó MSZ EN 933-3:2012 szabvány szerinti „*lemezességi szám*” (*Fl*, Flakiness index) alapján kell megítélni. A lemezességi szám az XN(H), X0b(H), X0v(H) környezeti osztály esetén legfeljebb *FL*₅₀, az XC1-XC4, XD1-XD3, XS1-XS3, XF1-XF4, XF2(H)-XF4(H), XA1-XA3, XA4(H)-XA6(H), XV1(H)/V0, XV1(H)-XV3(H), XK1(H) környezeti osztály esetén legfeljebb *FL*₃₅, az XK2(H)-XK3(H) környezeti osztály esetén legfeljebb *FL*₂₀, az XK4(H) környezeti osztály esetén legfeljebb *FL*₁₅ legyen. A lemezességi számot az

$$Fl = (M_2/M_1) \times 100$$

képlettel kell kiszámítani, ahol:

- M_1 = a vizsgált d_i/D_i szemnagyságú minta tömege, grammban;
- M_2 = a vizsgált anyagból a megfelelő $D_i/2$ résnyílású résrostán áthulló szemek tömege, grammban.

Az MSZ 4798:2016, illetve MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány E4. fejezetének (5) szakasza szerint a könnyű adalékanyagalmaz 4 mm feletti szemeinek *hosszúság/vastagság* ($h/v = 3$) *arányú szemalak-tolómérővel* vizsgálandó MSZ EN 933-4:2008 szabvány szerinti „*szemalaktényezője*” *SI* (Shape index) LC16/18 könnyűbeton nyomószilárdsági osztályig legfeljebb *SI*₄₀, LC20/22 könnyűbeton nyomószilárdsági osztálytól legfeljebb *SI*₂₀ legyen. Az szemalaktényezőt az

$$SI = (M_2/M_1) \times 100$$

képlettel kell kiszámítani, ahol:

- M_1 = a vizsgált minta tömege, grammban;
- M_2 = a nem-zömök (lemezes, ($h/v > 3$)) szemek tömege, grammban.

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány szerint az MSZ EN 933-3:2012 szabvány szerinti „lemezességi szám” osztályai a következők: Fl_{15} , Fl_{20} , Fl_{35} , Fl_{50} , $Fl_{megadott}$ és Fl_{NR} = Nincs követelmény; az MSZ EN 933-4:2008 szabvány szerinti „szemalaktényező” osztályai pedig a következők: SI_{15} , SI_{20} , SI_{40} , SI_{55} , $SI_{megadott}$ és SI_{NR} = Nincs követelmény, ahol a jelben az alsó index a lemezes szemek megengedett legnagyobb tömegszázalékát jelenti.

Az adalékanyag szemalakjának a betonok és aszfaltok tulajdonságaira gyakorolt hatását régóta kutatják.

Nemesdy Ervin egyetemi tanár könyvében hangsúlyozta, hogy a zúzottkövek alakja a szilárdság, stabilitás, belső súrlódás, fajlagos felület, behengerlés szempontjából egyaránt fontos az aszfaltútépítés fontos jellemzője (*Nemesdy*, 1971).

Reznák László bebizonyította, hogy a zömök szemalakú adalékanyag nagyobb aszfaltstabilitást és jobb bedolgozhatóságot biztosít, mint a lemezes szemalakú adalékanyag. Az aszfaltutak forgalomállósága szempontjából is a zömök szemalak a kedvezőbb. Igazolta, hogy a lemezes szemek hasítószilárdsága kisebb, Los Angeles aprózódási vesztesége, hézagtartalma, belső súrlódása nagyobb, mint a zömök szemeké (*Reznák*, 1967, 1969, 1972).

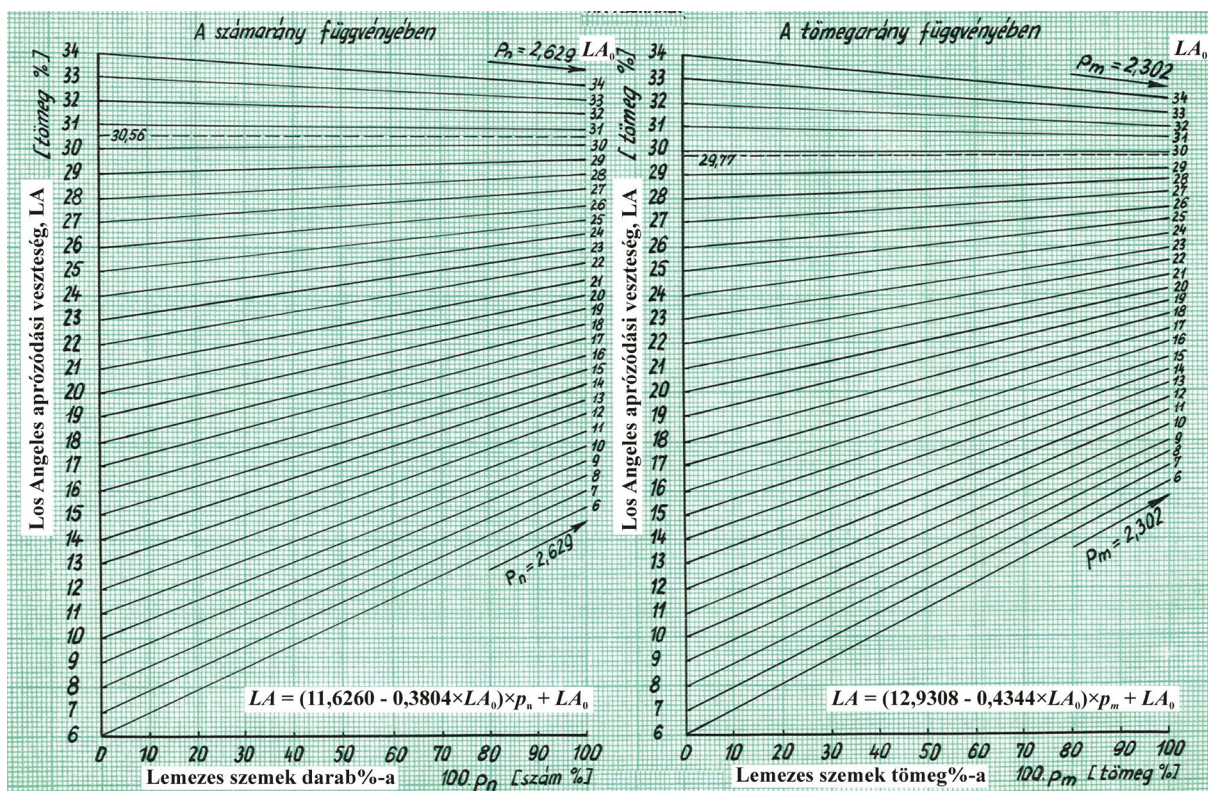
Palotás László egyetemi tanár a betonokról szólva megállapította, hogy a lemezes alakú szemekből álló adalékanyaggal készített beton nehezen dolgozható be, és a lemezes szemek a betonburkolat felszínéről leválnak. Az adalékanyag fajlagos felülete is nagymértékben függ a szemek alakjától (*Palotás*, 1961).

Somogyi László 350 kg/m³ cementtartalmú, $x = 0,5$ víz-cement tényező értékű betonnal kísérletezett, és arra a következtetésre jutott, hogy a zúzottkőbeton nyomószilárdsága zömök, hajlító-húzószilárdsága lemezes szemalakú adalékanyag esetén a nagyobb (*Somogyi*, 1963).

Kertész Pál egyetemi docens szintén megemlítette, hogy a Los Angeles aprózódási vizsgálat eredménye a vizsgálati anyag szemalakjától is függ (*Kertész*, 1974).

Az adalékanyagok fizikai tulajdonsága (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), a zúzottkövek szemszerkezeti termékosztályba sorolása (e-UT 05.01.15:2018) és zúzottkőbetonban való alkalmazhatósága szempontjából meghatározó Los Angeles aprózódási veszteség (MSZ EN 1097-2:2020, visszavont MSZ 18287-1:1990) a kőanyag minőségén túl a szemalaknak is függvénye; mintegy 30 tömeg% aprózódási veszteség alatt¹⁹⁷ a zömökebb szemalakú zúzott kőanyag Los Angeles aprózódási vesztesége az aprózódási veszteség csökkenésével növekvő mértékben általában kisebb, mint a kevésbé zömök (lemezesebb) szemalakú zúzott kőanyagé (1.5.Sz24. ábra). (*Kausay*, 1971, 1972, 1977)

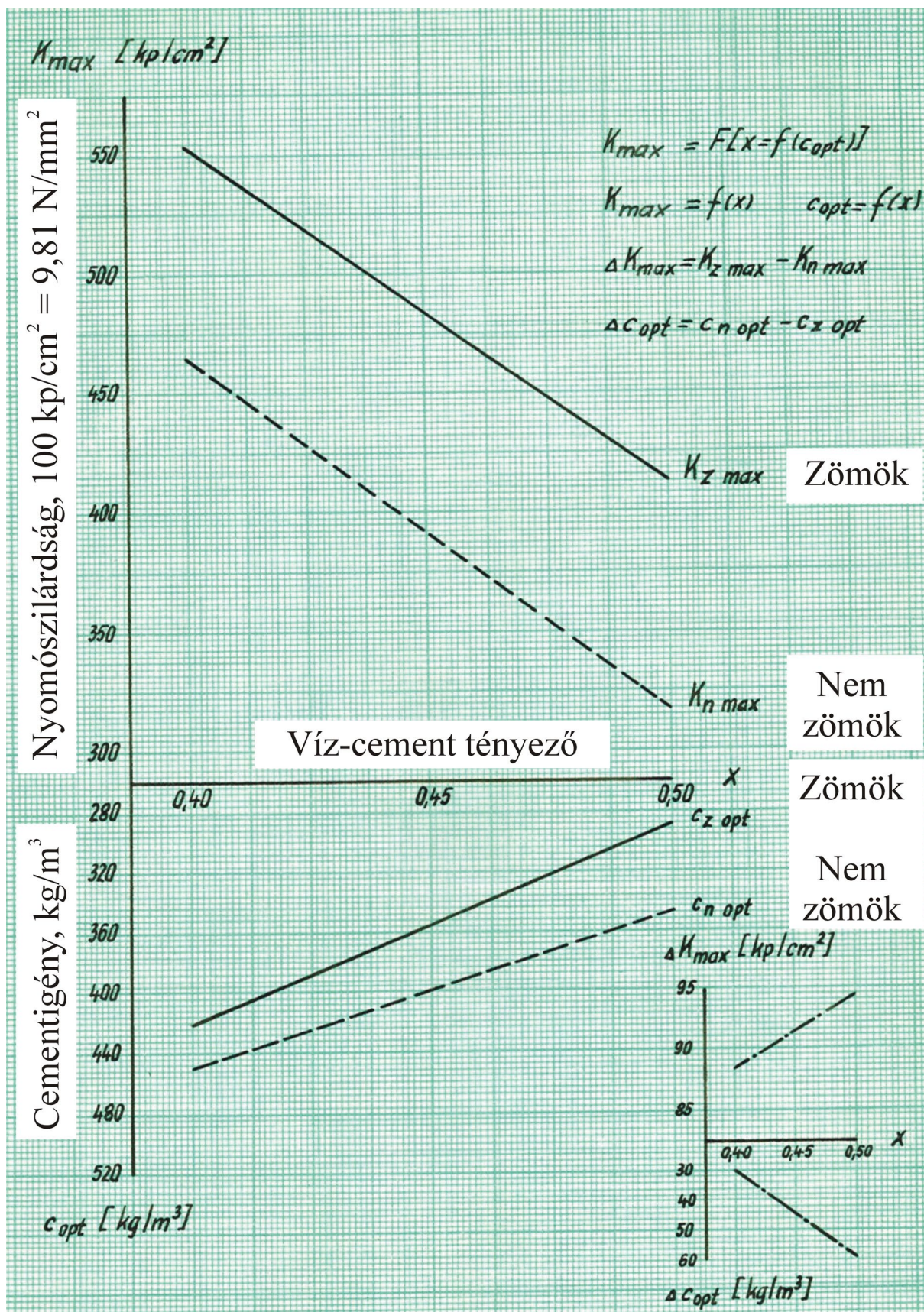
¹⁹⁷ Ha az 1.5.Sz24. ábra bal oldalán látható LA számarány összefüggésbe a $p_n = 2,629$ értéket, illetve a jobb oldalán látható LA tömegarány összefüggésbe a $p_m = 2,302$ értéket helyettesítjük, akkor a bal oldali ábrán $LA = 30,56 \sim 30$ tömeg%, illetve a jobb oldali ábrán $LA = 29,77 \sim 30$ tömeg% Los Angeles aprózódási veszteség értéket kapunk.



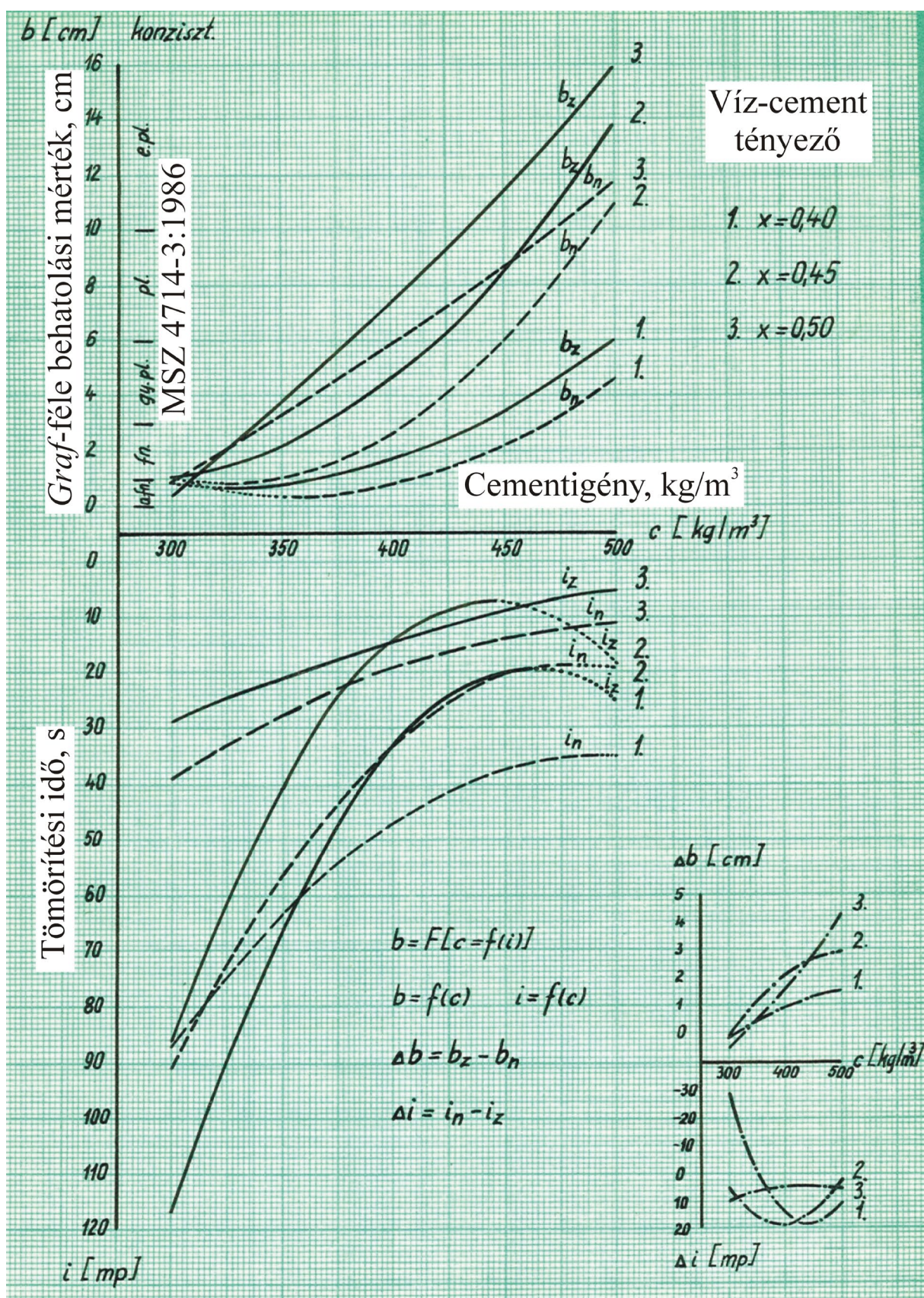
1.5.Sz24. ábra: 8-20 mm szemnagyságú zúzottkőanyag-minta Los Angeles aprózódási vesztesége a zúzott szemek alakja függvényében (Kausay, 1971)

E könyv szerzője 4 mm feletti szemnagyságú, „zömök” és „nem zömök” szemalakú szobmalomvölgyi piroxénandezit NZ (nemeszúzottkő) jelű zúzottkővel készített, 32 mm legnagyobb szemnagyságú, 5,8 finomsági modulusú adalékanyagú, 300, 350, 450 és 500 kg/m³ CEM 42,5 jelű portlandcement-tartalmú, 0,40, 0,45 és 0,50 víz-cement tényezőjű zúzottkőbetonokkal végzett kísérleteket, és a szemalak hatását a beton nyomószilárdságára (1.5.Sz25. ábra), hajlító-húzószilárdságára (1.5.Sz27. ábra), (Kausay, 1977), valamint a friss beton konzisztenciájára (1.5.Sz26. és 1.5.Sz28. ábra) a víz-cement tényező és a cementigény függvényében írta fel. Az 1.5.Sz25. és 1.5.Sz27. ábra a „nem zömök” adalékanyagsszemekkel készített beton többlet cementpéigényét is szemléletesen kifejezi, annak ellenére, hogy a Graf-féle behatolás-mérő készülék (MSZ 4714-3:1986) nem elég érzékeny az alig földnedves betonkeverékek konzisztencia-különbségének kimutatására (Kausay, 1976/10.)

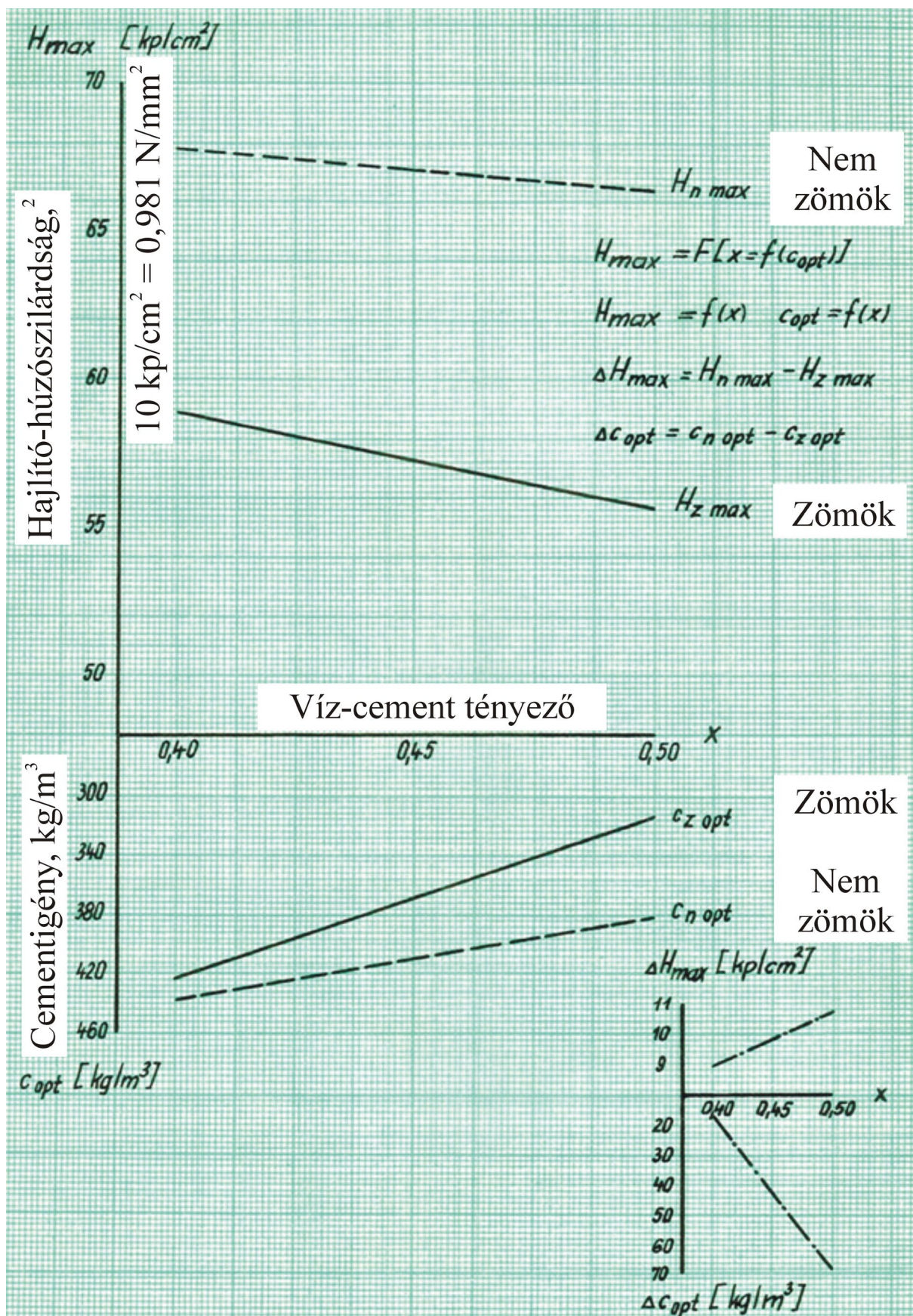
A szemalak betonszilárdság befolyásoló hatását az adalékanyagnak az erőhatásra ébredő trajektória-feszültségek szemalak-függő felvevőképességével magyarázhatjuk (Kausay, 1967).



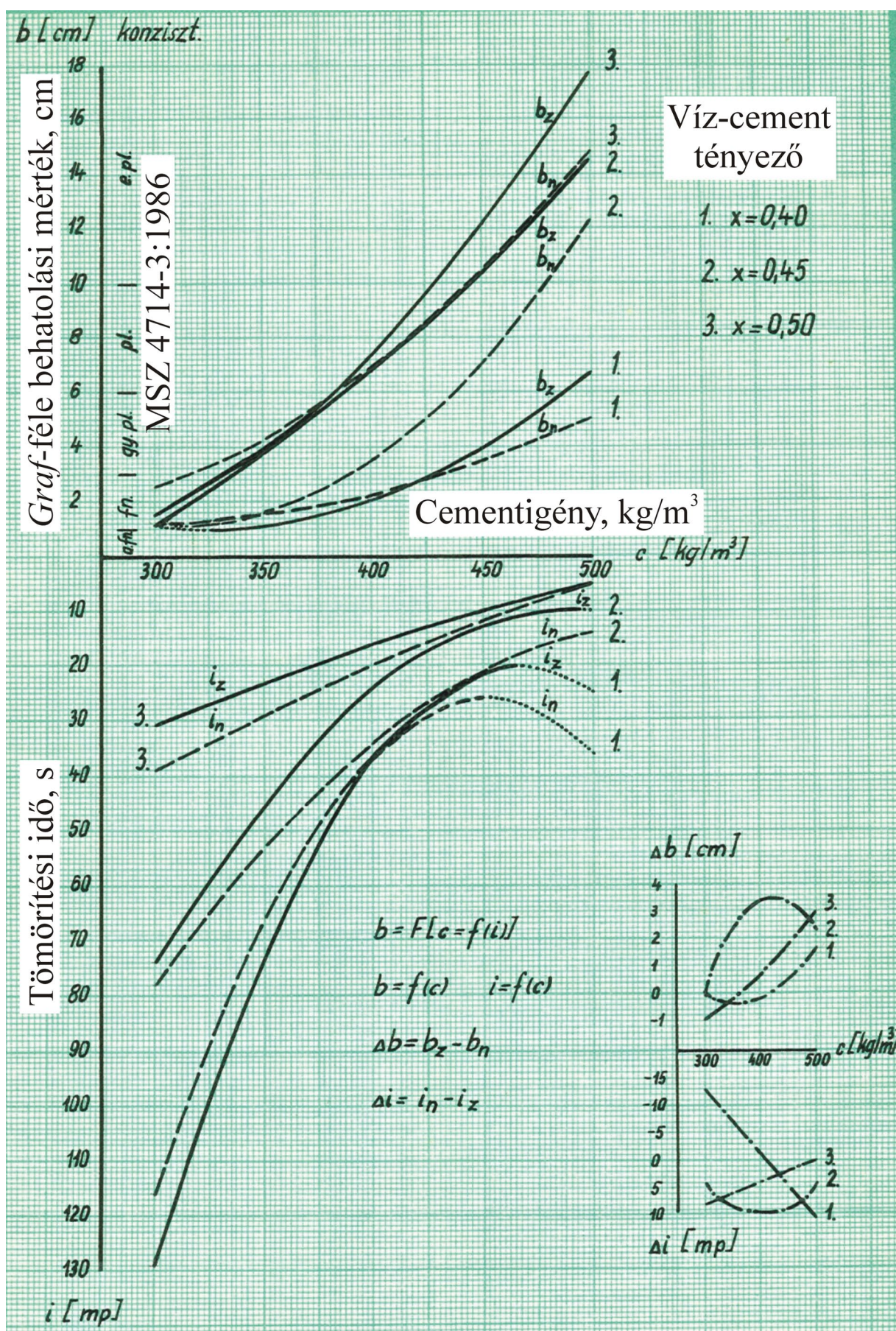
1.5.Sz25. ábra: A szemelak hatása a zúzottkőbeton nyomószilárdságára a víz-cement tényező és a cementigény függvényében (Kausay, 1977)



1.5.Sz26. ábra: A szemalak hatása a friss zúzottkőbeton Graf-féle behatolási mértékkel kifejezett konzisztenciájára és tömörítési idejére a víz-cement tényező és a cementigény függvényében a beton-nyomószilárdság vizsgálati betonkeverékek esetén (Kausay, 1976/10.)



1.5.Sz27. ábra: A szemelak hatása a zúzottkőbeton hajlító-húzószilárdságára a víz-cement tényező és a cementigény függvényében (Kausay, 1977)



1.5.Sz28. ábra: A szemalak hatása a friss zúzottkőbeton Graf-féle behatolási mértékkel kifejezett konzisztenciájára és tömörítési idejére a víz-cement tényező és a cementigény

függvényében a beton-hajlító-húzószilárdság vizsgálati betonkeverékek esetén (*Kausay, 1976/10.*)

Említettük, hogy a zúzott adalékanyagok szemalakja a gyártási technológiával előnyösen befolyásolható.

Lázár Jenő 1963-ban az ÉaKKI-ben egyebek mellett azt is vizsgálta, hogy a kőbányákban az egyszeri törés után lemezes szemű közethalmazok helyett miképpen nyerhetünk zömök szemekből álló halmazokat; és igazolta, hogy egyrészt a hengeres törők töretének alakulása görbesorokkal tervezhető, másrészt a kalapácsos törők töretének alakulása az aprító behatás szám változtatásával – a kalapácsok eleven erejétől elvonatkoztatva – befolyásolható (*Kiss et al., szerk., 1966*). Ezekről az eredményekről és a pofás törővel szerzett tapasztalatokról *Lázár Jenő* az Építőanyag című folyóiratban számolt be (*Lázár, 1964*).

Bálint Tibor a töret szemalakjának befolyásolhatóságát röpítőtörőn tanulmányozta (*Bálint, 1972, 1973*).

Vajda László a zömök szemalakú zúzottkőtermékek gyártásának kőbányaipari lehetőségeit taglalta (*Vajda, 1969*).

A 4 mm feletti szemnagyságú, úgy nevezett durva betonadalékanyagok szemalakjára vonatkozó követelmények az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványban találhatók.

A 4 mm alatti szemnagyságú, úgy nevezett finom adalékanyagok szemalakját közvetett módon az MSZ EN 933-6:2014 szabvány szerinti tölcséres kifolyási tényezővel jellemezzük.

Az utépítési zúzottkő termékek szemalakjára vonatkozó hazai követelmények a visszavont e-UT 05.01.14:2009 helyére lépett e-UT 05.01.15:2018 útügyi műszaki előírásban olvashatók.

Ajánlott olvasmány: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/106-adalekanyag-fajta.pdf>

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/108-szemalak.pdf>

<https://www.betonopus.hu/szakmernoki/kozut-4-adalekanyag-szemalak.pdf>

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/kozut-2-adalekanyag-kozetfizika.pdf>

<https://www.betonopus.hu/mmk-beton-konyv.pdf>

Lásd még: Szemszerkezet

Szemcsék közötti hézagosság

Lásd: Hézagterfogat

Szemérdesség

A szemérdesség az adalékanyag geometriai tulajdonsága. Tárgyalása során az adalékanyag másik két geometriai tulajdonságától, a szemnagyságtól és a szemalaktól elvonatkoztatunk.

Sík felületek érdességét közvetlenül meg lehet mérni; az adalékanyagok érdességének közvetlen meghatározását azonban gyakorlatilag ellehetetleníti, hogy a szemalakot követő viszonyítási felületet kijelölése körülményes.

A 4 mm alatti kőanyagok halmazok (adalékanyagok) szemalakját közvetett módon kifejező – a visszavont MSZ 18288-3:1978 szabvány 3. fejezete szerinti – tölcséres kifolyási idő, illetve kifolyási szám a szemalakon kívül a szemérdességnek is a függvénye.

A 4 mm és 20 mm közötti (úgy nevezett durva), valamint a 2 mm feletti (úgy nevezett finom) kőanyag halmazok tölcséres kifolyási tényezőjét az MSZ EN 933-6:2023 szabvány szerint lehet megmérni. Az MSZ EN 933-6:2023 szabvány a durva adalékanyagok tölcséres kifolyási tényezője tekintetében a tört (zúzott) szemek mennyiségének meghatározását leíró MSZ EN 933-5. szabvánnyal együtt használandó, ugyanis a tölcséres kifolyás vizsgálati eredményét a szemalak és a szemérdesség befolyásolja.

A 4 mm feletti kőanyagalmazok MSZ EN 1097-8:2020 szabvány szerinti csiszolódási értéke (polished stone value, PSV) és kopási értéke (aggregate abrasion value, AAV) az adalékanyag szemek érdességétől is függ.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/108-szemalak.pdf>

Lásd még: Csúszási súrlódás, Szemalak

Szemmegoszlás, szemeloszlás, szemcseméreteloszlás

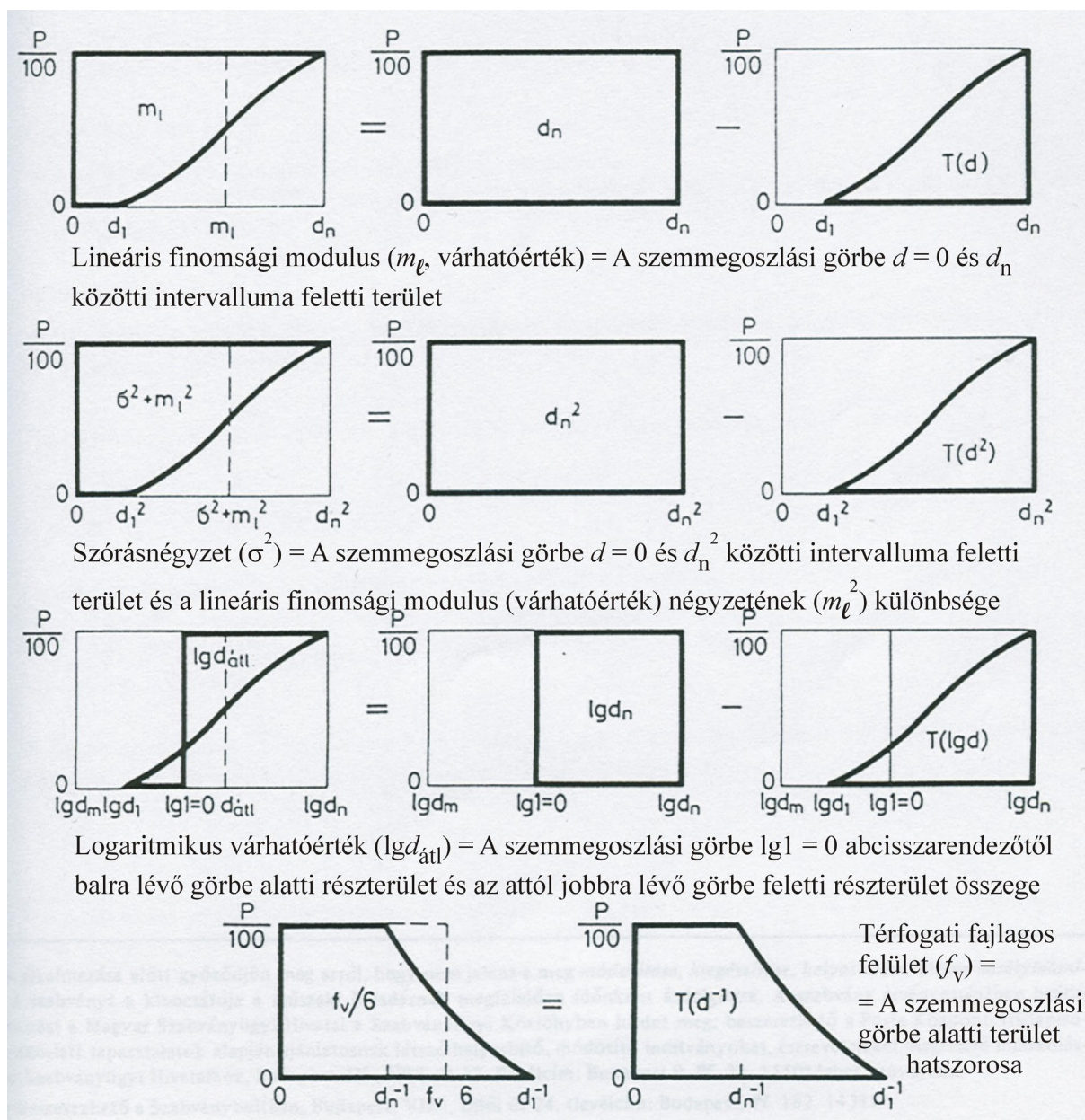
A szemmegoszlást sokszor szemszerkezetnek nevezik, mások a szemszerkezeten a szemnagyság, szemalak és szemérdesség együttesét értik.

A szemmegoszlás (szemeloszlás) szemhalmazok (például cementek, kiegészítőanyagok, adalékanyagok stb.) szemei nagyság (méret) szerinti eloszlásának térfogatszázalékban kifejezett geometriai tulajdonsága. Azonos testsűrűségű szemhalmazok (frakciók, anyagok) szemmegoszlását tömegszázalékban is ki szabad fejezni.

A szemmegoszlást vizsgálószitákkal az MSZ EN 933-1:2012 szabvány szerint, a kölisztek szemmegoszlását az MSZ EN 933-10:2009 szabvány szerinti légsugaras szítalással kell meghatározni. A szemmegoszlás vizsgálati eredményekből szemmegoszlási görbét szerkesztünk.

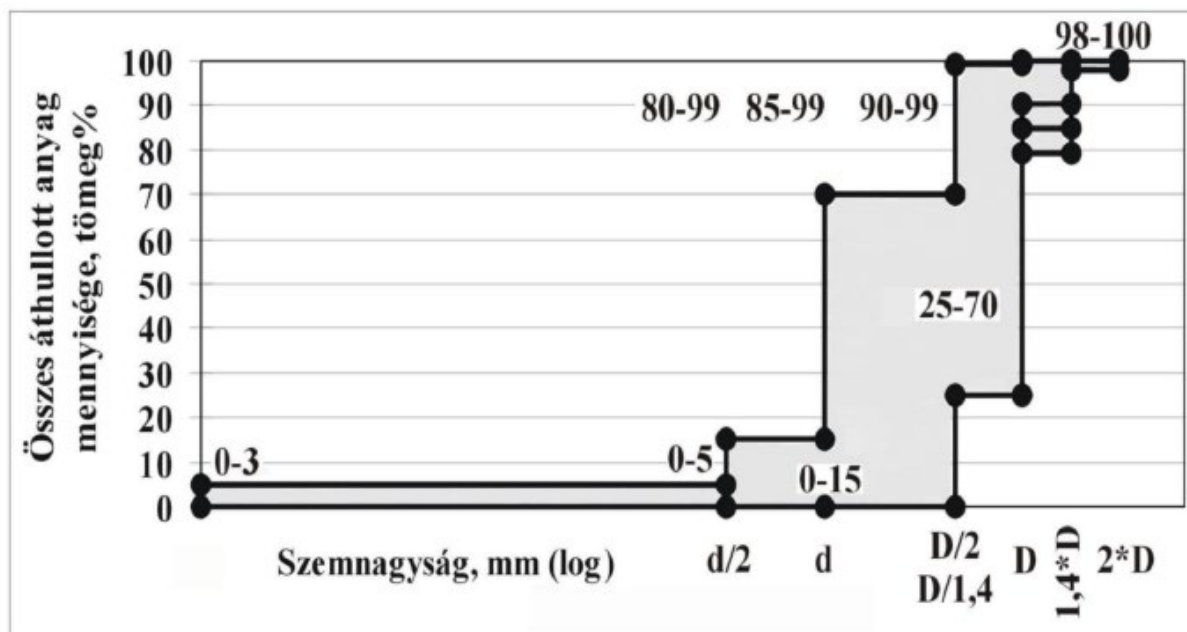
A szemmegoszlást a logaritmikus finomsági modulussal és a (térfogati) fajlagos felülettel (MSZ 18288-5:1981), valamint az egyenlőtlenségi együtthatóval (MSZ 4798:2016) szokás a leggyakrabban számszerűsíteni.

A szemmegoszlási jellemzők értéke grafoanalitikus módon is kifejezhető a jellegüknek megfelelően transzformált abszcissa-tengelyen ábrázolt szemmegoszlási görbe alatti vagy feletti területtel (*Kausay*, 1979, 2003. 2004), (MSZ 18288-5:1981). A grafoanalitikus számításmód képleteinek tartalmát a grafikus ábrázolás szemléletessé teszi (*1.5.Sz29. ábra*).



1.5.Sz29. ábra: A szemmegoszlási jellemzők grafoanalitikus számításmódjának szemléltető ábrái (Kausay, 1979, 2003, 2004), (MSZ 18288-5:1981)

A betonadalékanyag frakciók európai szemmegoszlási követelményei az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványban (1.5.Sz30. ábra), a hazai követelmények az MSZ 4798:2016 szabványban találhatók, amelynek E5. fejezetében a betonadalékanyagok hazánkban előírt szemmegoszlási határgörbéit is megrajzolták.



1.5.Sz30. ábra: Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány szerinti osztályozott betonadalékanyag frakciók szemmegoszlási követelményének vázlata (MSZ 4798:2016)

Az utépítési kőanyaghalmozok (adalékanyagok) szemmegoszlására (szemmagyságára) vonatkozó magyar követelmények a visszavont e-UT 05.01.14:2009 helyére lépett e-UT 05.01.15:2018 útügyi műszaki előírásban olvashatók.

Lázár Jenő főbb kutatási területe a törőgépek működtetésének a zúzottkő halmazok szemmegoszlási (szemszerkezeti) tulajdonságaira gyakorolt hatása volt. Lázár Jenő az Építőanyag című folyóiratban 1950-ben megjelent cikkében számolt be a kőbányaipari zúzógépek (törőgépek) működésének hatásáról a tört kőanyagok szemmegoszlására (szemszerkezetére), amelynek ismeretében az adalékanyag szemmegoszlási görbéiből a kőbányaipari zúzógépek működésére következtetett (Lázár, 1950).

Lázár Jenő 1963-ban az ÉaKKI-ben egyebek mellett a kőbányaipari hengeres és kalapácsos törőgépek működtetésének a zúzott töret szemmegoszlására gyakorolt hatását kutatta (Kiss et al., szerk., 1966). Ezekről a kutatási eredményekről – és a szemalak befolyásolhatóságáról – Lázár Jenő az Építőanyag című folyóiratban számolt be (Lázár, 1964). A zúzottkövek szemmegoszlásának alakulására vonatkozóan megállapította, hogy egyrészt a *hengeres törők* szemmegoszlási görbéjének jellege az aprítási foktól függ és a hengeres törők töretének szemmegoszlása görbesorokkal tervezhető, amelyek segítségével a kívánt szemmegoszláshoz tartozó résnyílás és hengerméret meghatározható; másrészt a *kalapácsos és hasonló jellegű törők* sűrűséggörbéjének csúcspontja annál jobban megközelíti az ordinátatengelyt, minél nagyobb a törők fordulatszáma. Adott fordulatszám mellett a kétszeri, háromszori törés ugyan úgy változtatta meg a szemmegoszlási görbét, mint a fordulatszám növelés, következésképp a szemmegoszlásgörbe jellege az aprítóbehatások függvénye. Ha emellett a kalapácsok eleven ereje is növekszik, az úgy hat, mintha az aprítóbehatások száma erősebben növekedett volna, azaz a kalapácsos törők törete szemmegoszlásának alakulása az aprítóbehatás számának változtatásával – a kalapácsok eleven erejétől elvonatoztatva – befolyásolható (Lázár, 1964).

Lázár Jenő kutatási eredményeit 1957-ben, 1960-ban és 1964-ben az MTA Acta Technica folyóiratban is ismertette német nyelven (1.5.Sz31. ábra).

**DIE GESETZMÄSSIGKEITEN
DER KORNGRÖSSENVERTEILUNG MASCHINELL
ZERKLEINERTER MATERIALHAUFEN**

E. LÁZÁR

KONSTRUKTIONSBÜRO FÜR INDUSTRIE UND LANDWIRTSCHAFT, BUDAPEST

[Eingegangen am 31. Dezember 1955]

Acta Technica. Tomus XVII. Fasciculi 3-4. pp. 175-217.
Akadémiai Kiadó. Budapest, 1957.



**BEGRÜNDUNG DES VERHALTENS DER GEWICHTS-
VERTEILUNGSKURVEN ZERKLEINERTER
MATERIALHAUFEN¹**

E. LÁZÁR

UNTERNEHMEN FÜR INDUSTRIELLE UND LANDWIRTSCHAFTLICHE PLANUNG (IPARTERV), BUDAPEST

[Eingegangen am 30. Oktober 1958]

Acta Technica. Tomus XXVIII. Fasciculi 1-2. pp. 167-185.
Akadémiai Kiadó. Budapest, 1960.



**PRAKTISCHE ANWENDUNGEN DER
KORNGRÖSSENVERTEILUNGSKURVEN
BEI DER GROBZERKLEINERUNG**

J. LÁZÁR

KANDIDAT DER TECHN. WISSENSCHAFTEN
ZENTRALFORSCHUNGSINSTITUT FÜR BAUSTOFFE (ÉAKKI), BUDAPEST

[Eingegangen am 18. Mai 1962]

Acta Technica. Tomus 48. Fasciculi 1-2. pp. 85-108.
Akadémiai Kiadó. Budapest, 1964.

1.5.Sz31. ábra: Lázár Jenő tanulmányainak címloldal-részlete az MTA Acta Technica folyóiratban. Forrás: <https://adt.arcanum.com/hu>

Ajánlott olvasmány:

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/107-szemmegoszlas.pdf>

http://www.fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2004_1.pdf

Lásd még: Abrams-féle finomsági modulus, Fajlagos felület, Finomsági modulus, Szemszerkezet, Térfogati fajlagos felület, Tyler-féle szitasorozat

Szemnagyság, szemcseméret

A szemnagyság a szemhalmazok geometriai fogalmainak egyike, amelynek tárgyalása során a szemalaktól és a szemérdességtől, mint halmazgeometriai fogalomtól elvonatkoztatunk.

A halmazos termékek (például cementek, kiegészítőanyagok, adalékanyagok stb.) szemeinek nagyságát a szemcse méretétől függő különböző módszerekkel lehet meghatározni. A vizsgálati módszerrel még kimutatható legkisebb szemnagyság az 1.5.Sz6. táblázatban található (Weiss, 1976, III. kötet).

1.5.Sz6. táblázat: Példa a különböző vizsgálati módszerekkel még kimutatható legkisebb szem nagyságra (*Weiss*, 1976, III. kötet)

Vizsgálati módszer	Kimutatható legkisebb szem nagyság, μm
Szitálás, MSZ EN 933-1:2012	45
Iszapolás, MSZ 18288-2:1984	10
Ülepítés (szedimentálás), MSZ 18288-2:1984	2
Ülepítés (szedimentálás) hőmérséklet ellenőrzéssel	1
Centrifugális szedimentálás	0,1
Mikroszkópi mérés látható fényben	0,2
Mikroszkópi mérés ibolyántúli fényben	0,1
Elektronmikroszkópos mérés	0,01
Ultramikroszkópos mérés (a szemalak nem észlelhető)	0,005

A különböző módszerekkel meghatározott szem nagyságok csak idealizált alakú (gömb vagy kocka alakú) szemek esetén adnának azonos eredményt. (*Weiss*, 1976, III. kötet)

A betonadalékanyagok szemmegoszlási (szem nagyságra vonatkozó) európai követelményei az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványban, a hazai követelmények az MSZ 4798:2016 találhatók.

Az utépítési kőanyagalmazok (adalékanyagok) szem nagyságára vonatkozó hazai követelmények a visszavont e-UT 05.01.14:2009 helyére lépett e-UT 05.01.15:2018 ütiügyi műszaki előírásban olvashatók.

Lásd még: Szemmegoszlás

Szemszerkezet

A szemszerkezet az adalékanyagok geometriai tulajdonsága; a szem nagyság, a szemalak és a szeméresség fogalmának összessége (1.5.Sz7. táblázat).

1.5.Sz7. táblázat: A szemszerkezet fogalmának összetevői

SZEMSZERKEZET FOGALOMKÖRE			
FOGALOM	SZEM-NAGYSÁG	SZEMALAK	SZEM-ÉRDESSÉG
	esetén elvonatkoztatunk		
SZEM-NAGYSÁG		szem-nagyságtól	szem-nagyságtól
SZEMALAK	szemalaktól		szemalaktól
SZEM-ÉRDESSÉG	szem-érdességtől	szem-érdességtől	

Az adalékanyagok szemszerkezete jelentőségének tanulmányozása gyakorlatilag egyidős a betonépítéssel. A betonépítés korai szakaszában a szemmegoszlás (szemeloszlás) fogalma a homok:kavics arány fogalmára korlátozódott, a szemalak és szemérdesség együttes fogalma a sima felületű és a tört szemek megkülönböztetését jelentette. A beton- és aszfaltépítés töretlen fejlődése az adalékanyagok szemszerkezetének jelentőségét mind a mai napig növelte, amelynek irodalmi háttérét többek között e könyv szerzője tekintette át kandidátusi értekezésében (Kausay, 1977).

Megjegyzés: Olykor az adalékanyag szemmegoszlását (szemeloszlását) nevezik szemszerkezetnek.

Lásd még: Szemalak, Szemérdesség, Szemnagyság, Szemmegoszlás

Szendvicsszerkezet

A szendvicsszerkezet több, különböző anyagú (például beton és műanyaghab) és rendeltetésű (például teherhordás és hőszigetelés) rétegből készített fal- vagy födémszerkezet. (Ujhelyi szerk., 2006)

Szerkezeti osztály

A vasbeton építmények szerkezeti osztálya az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza szerinti fogalom. A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a betonfedés szükséges mértékéről adnak tájékoztatást, amely kihat többek között az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagyságának megengedhető mértékére.

A szerkezeti osztály fogalmát *könyvünk 5. fejezetében* részletesen tárgyaljuk.

A szerkezeti osztály jele: S

Szerkezeti víz

Lásd: Konstitúciós víz

Szélsőérték eloszlás

Lásd: Extrémérték-eloszlás

Szén-dioxid-egyenérték

Lásd: Üvegház-potenciál

Szén-dioxid-kibocsátás

Lásd: Öko-beton

Szénszál-erősítésű műanyag

Angolul: carbon fiber reinforced polymer, plastic, CFRP

Németül: Carbonfaserverstärkter Kunststoff, CFK

Értsd rajta a műanyagbevonattal védett szénszáltextilt.

Lásd: Szénszáltextil

Szénszáltextil

Angolul: Carbonfiber, CF

Németül: Kohlefaser, Kohlenstofffaser

A „szénszál” nem egyszer a szénszál-erősítésű műanyag (angolul: carbon fiber reinforced polymer, plastic, CFRP; németül: Carbonfaserverstärkter Kunststoff, CFK) elterjedt, leegyszerűsített, rövid elnevezése.

A hosszú szénszálak alkotta szénszáltextillel (karbonszövettel stb.) vagy szénszálrudakkal (karbonrudakkal) erősített karbonbeton nem tévesztendő össze a szénszál-erősítésű betonnal (angolul: carbon fiber reinforced concrete, CFRC).

Az acélbetétek korróziója elkerülhető, ha a szerkezeti beton készítéséhez acélbetétek helyett nagyszilárdságú szénszál asztalanyag (karbonszál asztalanyag; angol rövidítése: CFRP, német rövidítése: CFK) lamellákat, szalagokat vagy rudakat használnak acélközeli rugalmassági modulussal. A szerkezeti acélhoz képest a megfelelő szénszálak szakítószilárdsága csaknem tízszer nagyobb, tömegük az acélénak mindössze ötöde. A CFRP léceket, amelyek általában 1,2-2,5 mm vastagok, epoxigyantával ragasztják a külső felületre, vagy a mart horonyba. A viszonylag olcsóbb üvegszálak és üvegszövetek is használhatók erősítésre, bár rugalmassági modulusuk a szénszálakénál lényegesen kisebb, és nedves, lúgos környezetben korrózióérzékenyek lehetnek. (*Springenschmid, 2007*)

Újabban olyan különleges horgonyokat is képeznek, amelyekbe az oldalnyomásra érzékeny előfeszített CFK-rudak fektethetők, ami ennek az önmagában még igen költséges anyagnak a jobb kihasználását eredményezi. (*Springenschmid, 2007*)

A pótlólagos betonacél való erősítéshez képest a vékony és könnyű CFK-lamellák – amelyeket feltekercselve szállítanak – ragasztása nagyon egyszerűen kivitelezhető. Előfeltétel mindig, hogy a betonfelület sima, szilárd és száraz legyen. Ha a szénszál-erősítés ragasztásához epoxigyantát használnak, akkor külön tűzvédelemi intézkedésekre is szükség lehet. (*Springenschmid, 2007*)

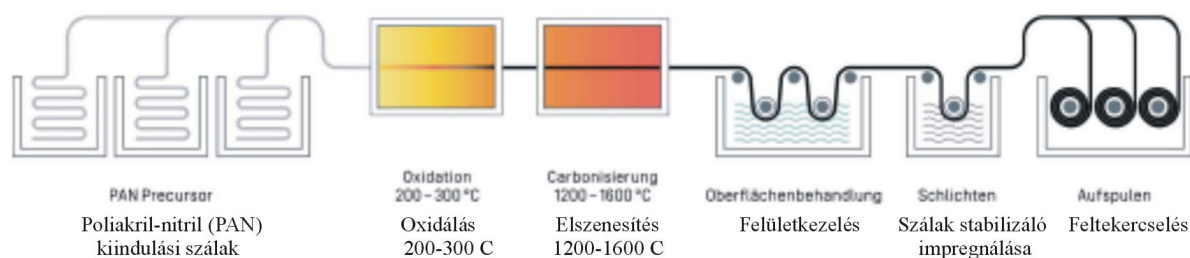
A szénszálgyártás kiindulási anyagaként szerves nyersanyagokat, úgynevezett prekursorokat (alapanyag, előanyag) használnak, úgymint szurkot (angolul: pitch, németül: Pech) vagy már fonott szálakat. A szurok, gyakran kátrányszurok (angolul: tar pitch, németül: Teerpech) nagyon olcsó nyersanyag, amelyből az úgy nevezett szurok-alapú, szurok-kötésű szénszálak (angolul: pitch-based carbonfiber, németül: Pechgebundene Kohlenstofffaser) gyárthatók. Fonott szál

nyersanyagként általában poliakril-nitril-szálat (PAN, polyacrylnitril) dolgoznak fel, amelyből gyártott úgy nevezett PAN-alapú, PAN-kötésű szénszálak (angolul: PAN-based carbonfiber, németül: PAN-gebundene Kohlenstofffaser) anyagminősége nagyon jó. További fonott nyersanyag a műselyem, illetve viszkózszelyem (angolul: rayon, németül: Reyon), amelyből drágasága miatt szénszálat ritkán gyártanak. (*Bergmeister, 2003*)

Hazánkban szénszálat (szénfonalat) módosított akrilszálból 1995 óta gyárt a Zoltek Zrt. (1995 előtt Magyar Viscosagyár) Nyergesújfalun (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>).

Bergmeister (2003) szerint a szurok vagy poliakril-nitril szerves alapanyagnak (prekursor) 3000 °C-ig hőállóknak kell lennie, hogy alkalmas legyen szénszálak gyártására. A szénatomoknak nem szabad lebomlaniuk a pirolízis során, és kristályszerkezetük hosszirányú kell legyen. A szénszálak mechanikai tulajdonságai a kristályosodás egyenletességétől függenek, ezért kerülni kell a szerkezeti hibákat és szennyeződések. Ennek okán 1,8 kg szerves alapanyagból csak mintegy 1,0 kg szénszál készíthető.

A szénszálakat (szén-, grafit-szálakat) megfelelő szerves szálakban (például viszkóz vagy poliakril-nitril) lévő széntartalmú vegyületek elszénésítésével, pirolízisével¹⁹⁸ gyártják. A tulajdonságaik a gyártási folyamatától, különösen a hőmérséklettől függenek. A szerves szálakat mintegy 1600 °C hőmérsékletig kokszolják¹⁹⁹, és 3000 °C körüli hőmérsékletig grafitá²⁰⁰ alakítják (1.5.Sz32. ábra). A gyártás során fellépő húzófeszültség hatására a kristályok nagyon erősen megnyúlnak a szálak hosszirányában; a szálak ekkor anizotrop²⁰¹ tulajdonságokkal rendelkeznek. (*Wesche, 1993*)



1.5.Sz32. ábra: Példa a szénszál gyártás folyamatábrájára

(<https://www.sglcarbon.com/data/pdf/SGL-Broschuere-Die-Moeglichmacher-DE.pdf>)

A napjainkban használatos szénszálak többségét poliakril-nitrilből (PAN) gyártják három lépcsőben: oxidálás levegővel 200–300 °C hőmérsékleten; szénésítés nyújtott állapotban, nitrogénáramban, mintegy 1000 °C hőmérsékleten; grafitá alakítás 1500–3000 °C hőmérsékleten (*Neumüller szerk., 4. kötet, 1984*).

A poliakril-nitril (PAN) alapú szénszálaknak világszerte több mint a felét a japán Toray és Tobo cégek eljárása alapján gyártják viszonylag olcsón, különféle márkaneveken (például: Courtele, Dralon, Dolan). A polimer kiindulási anyag szénhozama körülbelül 50%. (*Bergmeister, 2003*)

A poliakril-nitril (PAN) alapú szénszálak gyártásának főbb lépései a fentieknél kissé részletesebben *Bergmeister* (2003) szerint a következők:

¹⁹⁸ A pirolízis görög eredetű szó, jelentése a kémiában: nagyobb molekulájú anyag átalakítása kisebb molekulájúakká. (*Bakos szerk., 1973*)

¹⁹⁹ A koksolás megfelelő minőségű szén nagy hőmérsékleten való száraz lepárlása, azaz a levegő kizárása mellett erősen hevítik, miáltal a benne levő víz és szénhidrogén gázalakban elillan, és csak tiszta szén marad vissza.

²⁰⁰ A grafit görög-latin eredetű szó, a vegyileg tiszta szén hatszögű kristályos módosulatát jelenti. (*Bakos szerk., 1973*)

²⁰¹ Az anizotrop görög eredetű szó. Az anizotrop anyag különböző irányokban különbözőképpen viselkedik, ellentétben az izotrop anyaggal, amely minden irányban azonos tulajdonságú. (*Bakos szerk., 1973*)

- Az 1000-32000 alapanyagszál (prekurzor szál) nyújtása: a polimer molekulák tengelyirányú elrendezése.
- Stabilizálás: az alapanyagszálakat 3-24 óra alatt oxidáló atmoszférában 200-250 °C hőmérsékletre melegítik, miközben fekete szálak képződnek.
- Koksizálás: lassú hevítés 1000 °C-ról 1600 °C hőmérsékletre, miközben a széntartalom mintegy 60%-ról mintegy 90%-ra nő.
- Pirolízis: a maradék szennyeződések (például hidrogén-cianid, azaz ciánsav és ammónia) eltávolítása a szénszálakból, amelynek során nagyszilárdságú és közepes rugalmassági modulusú szálakat kapunk.
- Grafittá alakítás: a szálakat argon-áramban 2000-3000 °C hőmérsékletre hevítik, ami a szénatomok kristályosodáshoz hasonló átrendeződését eredményezi. A keletkező nagy rugalmassági modulusú HM-szálak (High Modulus) és az ultra nagy rugalmassági modulusú UHM-szálak (Ultra High Modulus) átmérője 6-8 μm . Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a rugalmassági modulus.
- Oxidálás vagy elektrolitikus kezelés: a szálak felületkezelése a befogadó mátrixhoz való tapadás javítása érdekében.
- Bevonás: a felületet térhálósító nélküli epoxigyantával vonják be, hogy a szálak további feldolgozhatósága könnyebb legyen. A bevonat megakadályozza a szálak elektrosztatikus feltöltődését, és javítja a mátrix és a szál közötti tapadást.
- A szálak tekercselése.

A poliakril-nitril (PAN) alapú szénszálak tulajdonságait táblázatban *Bergmeister* (2003) foglalta össze (1.5.Sz8. táblázat).

1.5.Sz8. táblázat: Poliakril-nitril (PAN) alapú szénszálak tulajdonságai

Szénszál típusok Szénszál tulajdonságok	HT nagy húzó- szilárdságú	HS nagy szakadási nyúlású	IM közepes rugalmassági modulusú	HM nagy rugalmassági modulusú	HMS HM és HS tulajdonságú
Átmérő, μm	7-8	7	7	5-7	5
Sűrűség, g/cm^3	1,75-1,8	1,8	1,7-1,9	1,8-1,95	1,85
Húzószilárdság, N/mm^2	2700-5000	3900-7000	3400-5900	2000-3000	2500-3500
Nyomószilárdság, N/mm^2	2500	–	4200	1500	1800
Húzó rugalmassági modulus, N/mm^2	200000- 240000	230000- 270000	280000- 400000	350000- 500000	400000- 500000
Szakadási nyúlás, %	1,2-2,0	2,0-3,0	1,0-1,9	0,4-0,9	0,5-0,9
Hőtágulás, axiális, $10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	-0,7-től -0,5-ig				
Hőtágulás, radiális, $10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	7-10				

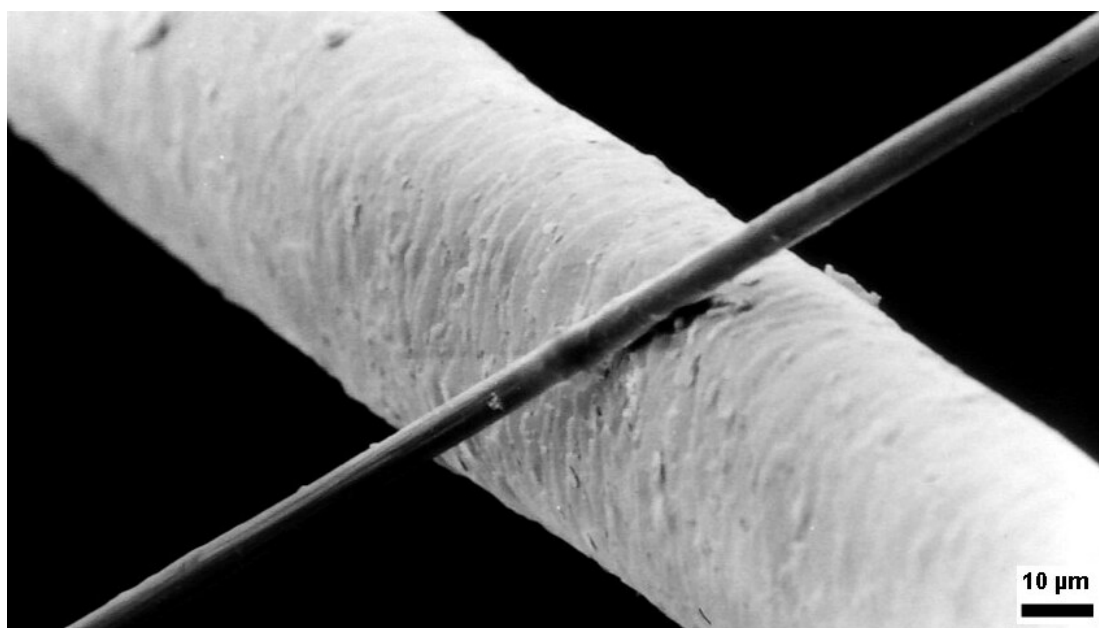
Az 1.5.Sz8. táblázat folytatódik

Az 1.5.Sz8. táblázat folytatása

Szénszál típusok Szénszál tulajdonságok	HT nagy húzó- szilárdságú	HS nagy szakadási nyúlású	IM közepes rugalmassági modulusú	HM nagy rugalmassági modulusú	HMS HM és HS tulajdonságú
Önsúly alatti szakadási hossz, legalább, km	150	220	180	140	120
Önsúly alatti megnyúlási hossz, legalább, km	12000	13000	15000	18000	22000
Alkalmazhatósági hőmérséklet, °C	500				
Szublimációs (légneművé válási) hőmérséklet, °C	3600				

Bergmeister (2003) könyvében írja, hogy a szénszálak kerek keresztmetszetűek, felületük sima és szerkezet nélküli. Átmérőjük mintegy $10\ \mu\text{m}$ ($= 1/100\ \text{mm}$) és hosszuk legalább százszorosa az átmérőnek, azaz legalább $1\ \text{mm}$. A szénszálak széntartalma a gyártási hőmérséklettől függően általában 80-95%. A 70-80% széntartalmú szénszálakat részlegesen kokszt szálaknak nevezik. A szénszálak további hevítésével (szenesítés) gyártott úgy nevezett grafitszálak széntartalma 99%, az 1%-nyi többi összetevő víz, nitrogén és oxigén. Az egyszerűség kedvéért valamennyi 80%-nál több szenet tartalmazó szálát szénszálnak nevezik. (*Bergmeister*, 2003)

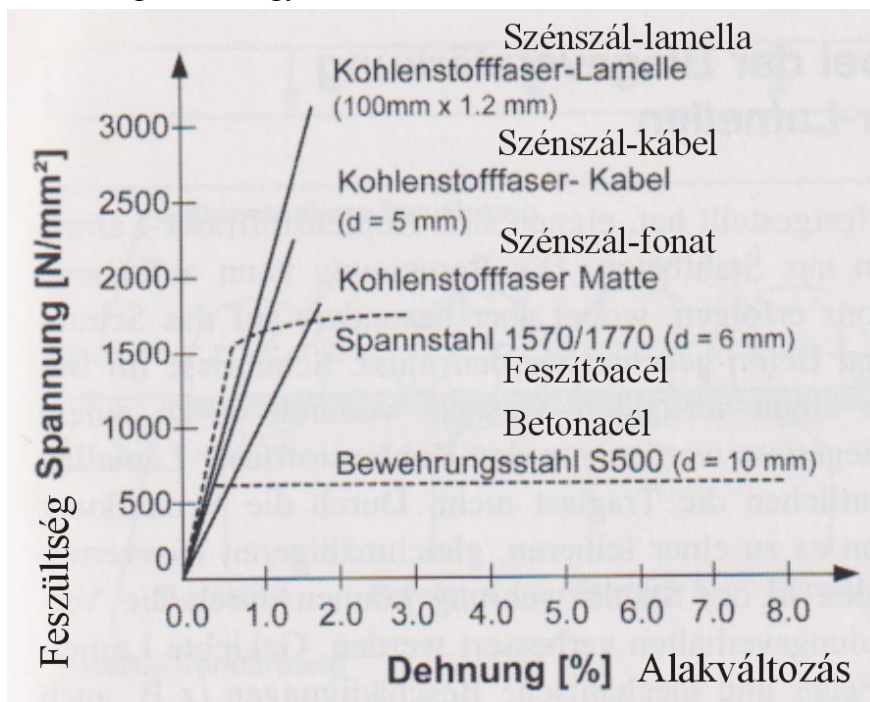
A szénszál könnyű, átmérője az emberi hajsál átmérőjének ($\sim 50\ \mu\text{m}$) mintegy ötöde-tizede (1.5.Sz33. ábra), kémiai ellenálló, hőálló, húzószilárdsága $3000\text{-}5000\ \text{N/mm}^2$, rugalmassági modulusa $200\text{-}450\ \text{kN/mm}^2$, nehezen alakítható, a sérülésekre érzékeny (*Röhling et al.*, 3. kötet, 2013). A sokszálú filamentfonal polimerrel telíthető, aminek következtében a fonalmagban lévő szálak húzóerő-felvétele legkevesebb megduplázódik. (*Müller, S.*, 2018).



1.5.Sz33. ábra: Szénszál (vékonyabb szál) és az emberi hajsál (vastagabb szál) vastagságának összehasonlítása

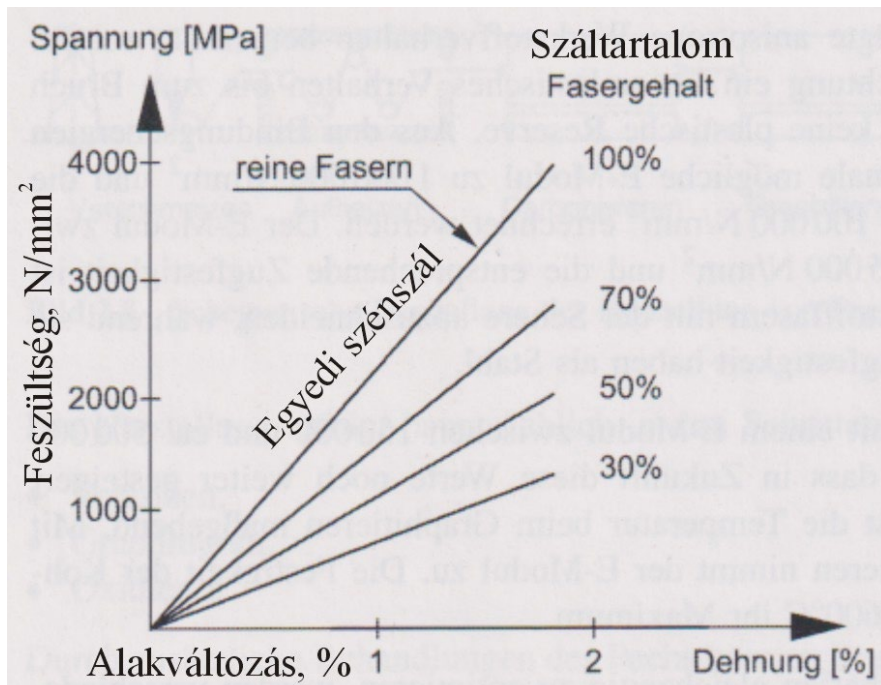
(Forrás: https://de.wikipedia.org/wiki/Verbundwerkstoff#/media/Datei:Cfaser_haarrp.jpg)

Wesche (1993) szerint a szénszál húzószilárdsága ($3000\text{--}5000\text{ N/mm}^2$) általában két-háromszorosa a nagyszilárdságú acélénak, rugalmassági modulusa ($150000\text{--}450000\text{ N/mm}^2$) általában több, mint kétszerese az acél rugalmassági modulusának, és körülbelül háromszorosa az azonos szakítószilárdságú acél rugalmassági modulusának (1.5.Sz34. ábra), de a szénszálhuzalok rugalmassági modulusa a szénszál-tartalom függvénye (1.5.Sz35. ábra). A szénszál lúgálló és nagymértékben hőálló.



1.5.Sz34. ábra:

A szénszáltexilek és a feszítőacél, valamint a betonacél σ - ε diagramjának összehasonlítása (Bergmeister, 2003)



1.5.Sz35. ábra:

A szénszálhuzalok szénszál-tartalma rugalmassági modulusra gyakorolt hatásának szemléltetése σ - ε koordináta-rendszerben (Bergmeister, 2003)

Az anizotrop szénszálak (HF-típus, azaz nagyszilárdságú) közepes rugalmassági modulusúak, nagy szilárdsággal és közepes szakadási nyúlással rendelkeznek, míg az anizotrop grafitaszálak (HM-típus, azaz nagy rugalmassági modulusú) nagy rugalmassági modulusúak, közepes szilárdságúak és kis szakadási nyúlásúak. Az izotrop szénszálak (P-típus) rugalmassági modulusa és szilárdsága kicsi, míg szakadási nyúlása nagy. (Wesche, 1993)

Az egyedi szénszálakat általában fonalként összecsavarják (angolul: Yarn, németül: Garn), hogy jó súrlódási kötés jöjjön létre. A szénszálak a felületi sérülésekre érzékenyebbek, mint az üvegszálak; a betonba való keverés okozta sérülések ellen általában műgyanta bevonattal védettek, ezek a fenn említett szénszál-erősítésű műanyagok. (Grübl et al., 2001)

A szénszálakat kedvező tulajdonságaik ellenére a többi szálhoz képest magasabb árak miatt csak különleges esetekben alkalmazzák, például olykor műgyantába ágyazott szénszálkötegeket alkalmaznak a hídszerkezetek feszítőacéljai részleges pótlására (tömeg megtakarítás, nincs szükség korrózióvédelemre, mint az előfeszítő acélkábelek esetén). (Grübl et al., 2001)

A szénszál-féleségek *Bergmeister* (2003) szerint a következők:

SZÁLKÖTEG (angolul: Strand, németül: Faserbündel)

A szálköteg csavarás nélkül, egymással párhuzamosan futó 104 vagy 204 elméletileg végtelenül hosszú szálból (filament) áll.

SZÁLHUZAL (angolul: Tow, németül: Tau)

A szálhuzalban²⁰² több száz és több ezer közötti, elméletileg végtelen hosszúságú szálat (filament) lazán összefognak anélkül, hogy megcsavarnák őket (1.5.Sz36. ábra).



1.5.Sz36. ábra: Orsóra tekert szénszálhuzal (angolul: carbon fire tow). A K betűjel a szálak (filament) számát jelzi ezerben, például 3K = 3000 filament

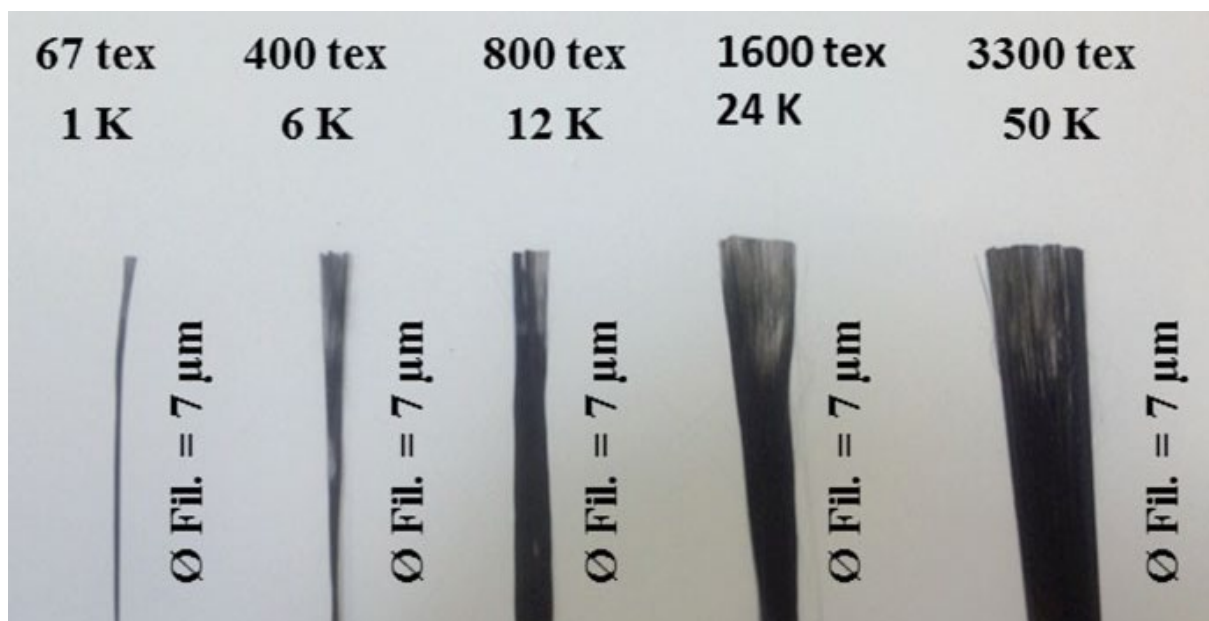
Forrás: [https://www.ecfibreglasssupplies.co.uk/carbon-fibre-tow-3k, ...tow-6k, ...tow-12k](https://www.ecfibreglasssupplies.co.uk/carbon-fibre-tow-3k,...tow-6k,...tow-12k)

CSAVARATLAN FONAL (angolul: Roving, németül: Strang)

A csavaratlan fonal általában 20 szálkötegből (angolul: Strand, németül: Faserbündel) áll, amelyet csavarás nélkül orsóra szoktak tekernek. Ha az orsónak nincs magja, akkor a letekerés az orsó belsejéből indul, miközben az orsó tengelye körül forog.

Kirsten et al. (2015) szerint az LT (Low tow) kis húzószilárdságú csavaratlan szénszálfonal (angolul: CF-Roving, németül: KF-Strang) finomsága: 300-2400 tex, a HT (Heavy Tow) nagy húzószilárdságú csavaratlan szénszálfonal finomsága pedig több mint 2400 tex, ahol 1 tex = (1 g)/(1000 m), ahogy az 1.5.Sz37. ábrán látni.

²⁰² A „szálhuzal” kifejezést az angol „tow”, illetve a német „Tau” főnév magyar szótári fordítása (tow = kóc, csepű, illetve Tau = kötél, istráng) helyett használjuk, mert véleményünk szerint az jobban kifejezi az összefogott vékony szálak fogalmát, hiszen az angol tow ige magyar jelentése vontat, von, húz.



1.5.Sz37. ábra: Az 1000-50000 számú, $\varnothing 7 \mu\text{m}$ átmérőjű szénzál alkotta csavaratlan szénzálfonal (angolul: CF-Roving, németül: Kf-Strang) finomsága (Kirsten et al., 2015)

A hosszú („folyamatos”) szénzálakból készült sokszálú csavaratlan szénzálfonal (1.5.Sz38. ábra) például szénzálzalaggá alakítható (1.5.Sz39. ábra).



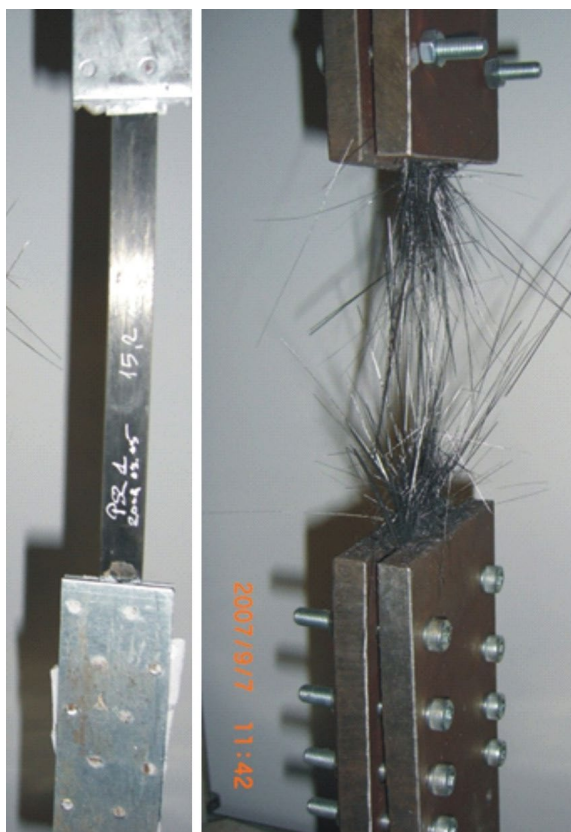
1.5.Sz38. ábra: Szénzálak alkotta csavaratlan szénzálfonal. Forrás: Müller, S. (2018)

EGYIRÁNYÚ SZALAG (angolul: unidirectional tape, németül: unidirektionaller Band)

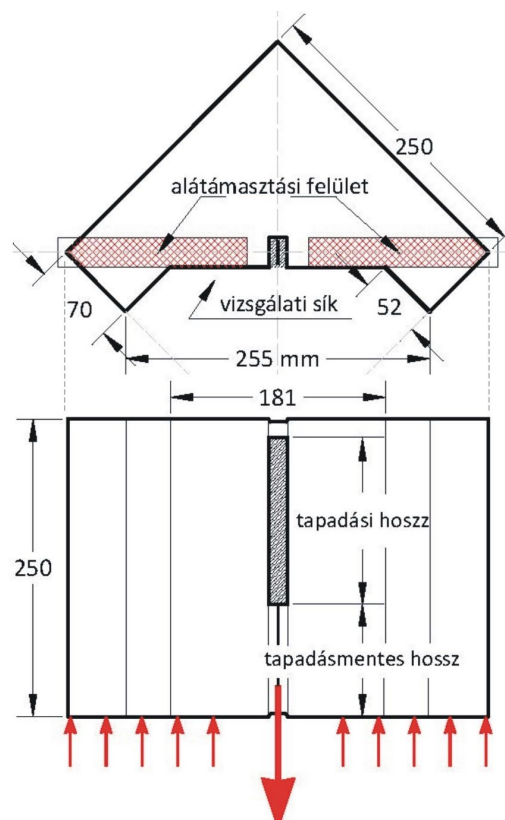
Az egyirányú, azaz hosszirányban terhelhető szalagban a szálhuzalok (németül: Tau) vagy csavaratlan fonalak (Strang) szorosan egymás mellett fekszenek, és gyanta tartja azokat össze, így a szalag nem szőtt vagy font szénszálermék. A szalagok összetapadását az orsón a szalagok közé tett szilikon bevonatú fóliával gátolják meg, amelyet a további feldolgozás előtt eltávolítanak. Van olyan termék is, amelyben a szálhuzalokat vagy csavaratlan fonalakat vetülékszálakkal (németül: Schussfäden) fogják össze, miáltal szőtt szalagokat kapnak. A vetülékszálak poliészter-szálból vagy üvegszálból készült finom sokszálas, csavart fonalak (angolul: Yarn, németül: Garn), amelyeket egymástól nagy távolságra a szalagon átfűznek. A szalagok szélessége legfeljebb mintegy 30 cm.

Szénszálas szalaggal hazánkban Szabó K. Zsombor PhD. cselekménye (Szabó K. Zs., 2013) kapcsán végzett kiterjedt kísérleteket, amelynek során kifejlesztett egy új betonalapú próbatestet a felületközeli megerősítések tapadásának kísérleti vizsgálatára, és többek között megállapította:

- Bár nem képezte az értekezés elsődleges tárgyát, egyszerű és megbízható húzószilárdság vizsgálati módszert dolgozott ki a kísérleti polimeres szénszálas szalagok (angolul: Carbon fibre reinforced polymer tape, CFRP-tape; németül: Carbonfaserverstärkter Kunststoff Band, CFK-Band) szakítóvizsgálatára (1.5.Sz39. ábra).
- A tapadósilárdság-vizsgálathoz kialakított L-alakú betonalapú próbatest (1.5.Sz40. ábra) merevsége lehetővé tette a megerősítés felületére merőleges kapcsolati feszültség komponens tovaterjedését a horonymetszés által gyengített síkban, a próbatest L-alakja láthatóvá és könnyen elérhetővé tette a 181×250 mm méretű vizsgálati síkot, továbbá lehetővé tette a keresztirányú alakváltozás mérését is.
- A betonfelület-közeli tönkremeneteli módok közül elsődlegesek, amelyek során a tönkremenetel kihúzódásos jellegű és a betonfedés nem hasad fel, de a szénszáltextil tönkre megy, vagy a szénszáltextil és a ragasztó közötti felület megy tönkre, vagy a ragasztóréteg és az alapszerkezet közötti felület megy tönkre.
- A betonfelület-közeli tönkremeneteli módok közül másodlagosak, amelyek során a keresztirányú feszültségek hatására a beton ferde síkok mentén a ragasztó bereped, vagy a ragasztó és a beton is bereped, vagy a beton mélyen bereped.
- Kísérletileg igazolta, hogy felületközeli hornyos megerősítés esetén a túlzott horonyszélesség hátrányosan befolyásolja a tapadósilárdságot, ezért a horonyszélességre felső korlát bevezetését javasolta.
- A bemetszett horony és a beton keresztmetszet széle közötti távolságnak a hatását a tapadósilárdságra a kifejlesztett L-alakú betonalapú próbatestbe mélyített 50 mm mély bemetszés segítségével modellezte, és megállapította, hogy a keresztmetszet széléhez közel elhelyezkedő horony esetén a beton felreped, a betonfedés leválik.
- A felületközeli szénszáltextil megerősítés kihasználtsága a tapadási terület és az erősítő szénszálas szalag keresztmetszetének hányadosával jól jellemezhető.



1.5.Sz39. ábra: Polimerrel átítatott szénszál szalag szakítóvizsgálata (Szabó K. Zs., 2013)



1.5.Sz40. ábra: Polimerrel átítatott szénszál szalag tapadásvizsgálati próbatestje (Szabó K. Zs., 2013)

SOKSZÁLAS CSAVART FONAL (angolul: Yarn, németül: Garn)

A sokszálas csavart fonal több csavaratlan fonalból áll, amelyeket 28-40 fordulát/perc sebességgel csavarnak össze. A sokszálas csavart fonalak technológiai osztályba sorolásával és fogalmaival a DIN 60900-1:1988, a tex-rendszerben²⁰³ való leírásával a DIN 60900-2:1988 szabvány foglalkozik.

A sokszálas csavart fonalat orsóra szokták tekerni. Ha az orsónak magja van, akkor az orsót kívülről, ha az orsónak nincs magja, akkor az orsót belülről tekerik le (1.5.Sz41. ábra).

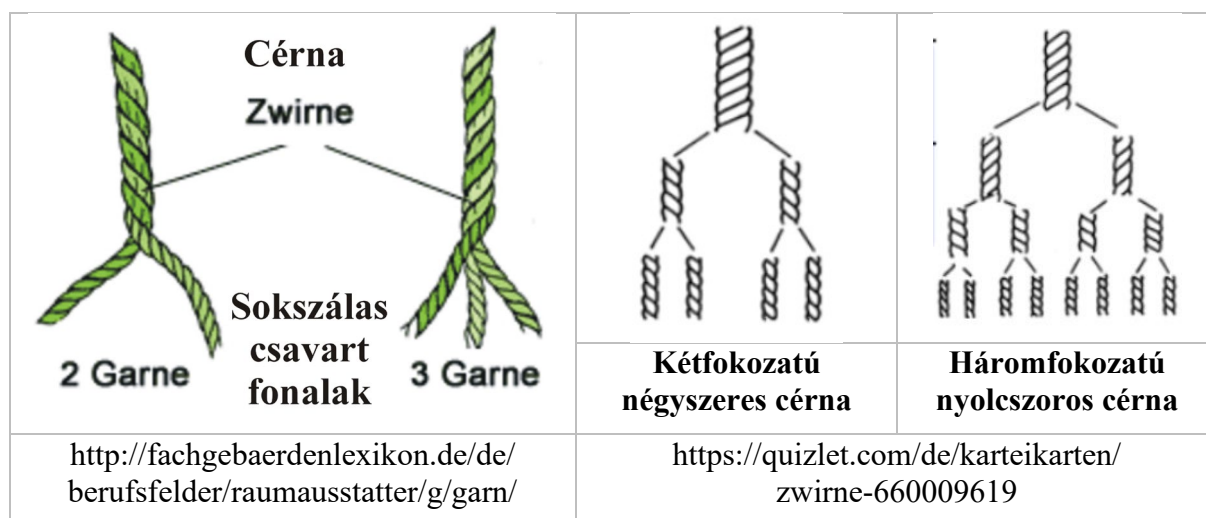
²⁰³ A tex szám azt jelzi, hogy egy 1000 m hosszú fonálnak mennyi a gramm-ban kifejezett tömege.



1.5.Sz41. ábra: Bal oldalon: kívülről letekerhető sokszálas csavart szénzálfonalas, belső maggal rendelkező orsó, jobb oldalon belülről letekerhető sokszálas csavart üvegszálfonalas, belső mag nélküli orsó (Curbach et al., 2023)

CÉRNA

Több sokszálas csavart fonal (angolul: Yarn, németül: Garn) összecsavarásából az úgynevezett „fonalsodrat” (angolul: plyed yarn) jön létre (1.5.Sz41. ábra). Hazánkban a két vagy több sodrással egyesített csavart fonalat cérnának nevezik (Jederán főszerk.,1979).



1.5.Sz42. ábra: Cérna készítés sodrással

APRÍTOTT SZÁL (angolul: ground fiber, németül: gemahlene Faser)

A szálakat 0,2–5,0 mm hosszúságúra őrlik, miáltal könnyebben bekeverhető a betonba vagy más anyagba.

VÁGOTT RÖVID SZÁLKÖTEG (angolul: chopped strand, németül: zerhackte Kurzfaserbündel)

A szálkötegeket 5–50 mm hosszúságúra vágják (1.5.Sz43. ábra). Ha a szálak rendezettek, akkor elsősorban egy síkban, egyébként minden irányban működnek. A szálhossz és a szálmérő aránya meghatározó a feldolgozhatóság és a betonba keverhetőség szempontjából. A jól bekeverhető vágott rövid szálköteg mennyisége a friss beton összetételétől, konzisztenciájától, a szálak tulajdonságaitól és a keverési módtól függ.



1.5.Sz43. ábra: 12 mm hosszúságúra vágott szénszálhuzal (chopped carbon fibre tow) halmaza
Forrás: <https://www.ecfibreglasssupplies.co.uk/12mm-chopped-carbon-fibre-tow>

VÁGOTT LEMEZHÉK ÉS RUDAK (németül: zerhackte Plättchen und Stäbe)

A szénszálalamelek (lamellák) gyártása során keletkező maradékrészeket lemezhékké és rudakká lehet feldolgozni. A hosszuk 10 és 100 mm, a szélességük 1,0 és 5,0 mm között van.

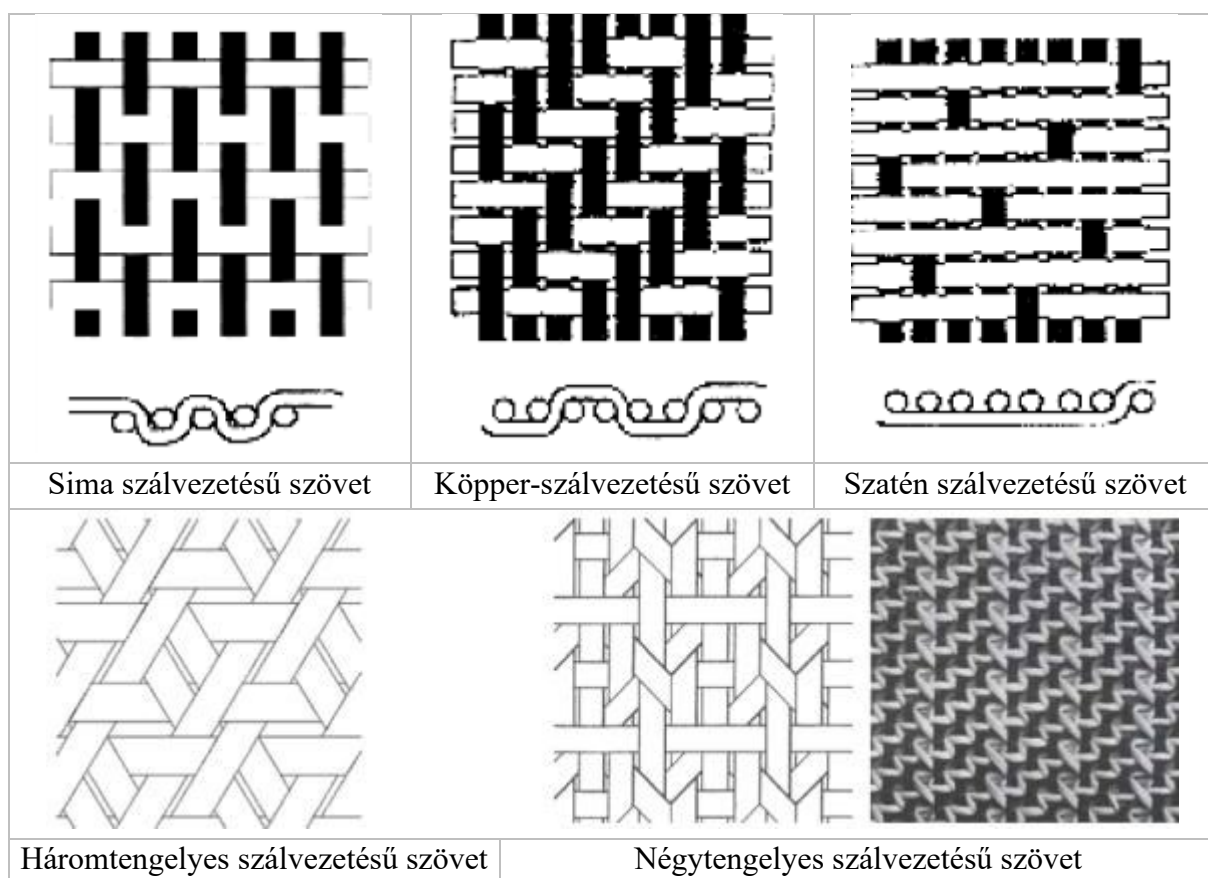
SZÖVET (angolul: woven fabrics, németül: Gewebe)

A szövetet láncfonalakból és vetülékszálakból fonják össze. A láncfonalak a szövet hosszirányában, a vetülékszálak pedig keresztben futnak. Szövéskor a láncfonalak egy része mindig megemelkedik, és a vetülékszálakat a felül és alul lévő láncfonalak közé fűzik. A láncfonalak emelésének függvényében különböző szövéstípusok hozhatók létre (például simaszövés, szaténszövés, testszövés). A különböző kötések befolyásolják a redőzöttséget, amelytől függ a szövet illeszthetőségi képessége az íves felületekhez. A legjobb illeszthetőségi képesség HD-kötéssel (német rövidítés: HD-Bindung = hochdrapierfähige Bindung, azaz erősen redőzött kötés) érhető el. A szénszálszöveteket általában vászonszövessel (németül: Leinenbindung) készítik. A láncfonalak és vetülékszálak minden keresztezési ponton felcserélődnek. A láncfonalak és vetülékszálak alkalmazásától függően a következő szöveteket különböztetjük meg (Bergmeister, 2003):

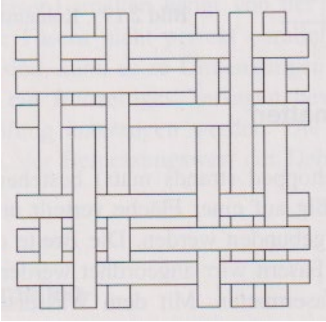
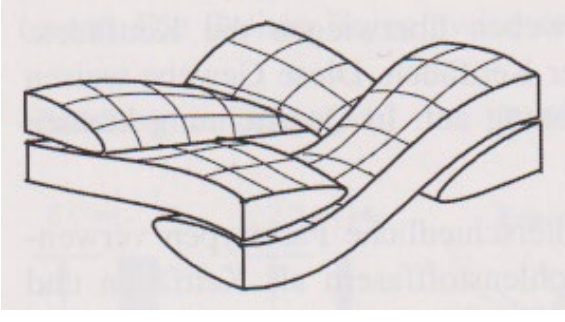
- Kétirányú szövet: ha megközelítőleg ugyanazokat a szálakat használja lánc- és vetülékszálként, kétirányú szövet jön létre. A kétirányú szövetek szilárdsága és merevsége mindkét irányban azonos.
- Egyirányú szövetek: az egyirányú szövetekben a láncfonalak dominálnak. A vékony vetülékszálak csak a láncfonalak rögzítésére szolgálnak. Ezeknek a szöveteknek csak hosszanti irányban van nagy szilárdsága és merevsége. Nem feszíthetők keresztirányban.

- **Kevert szövetek:** ha különböző száltípusokat használnak vetülék- és láncfonalként, kevert szövetek jönnek létre. Például a szénszálakat gyakran használják láncfonalként és üvegszálakat vetülékszálként kevert szövetekben. A szilárdság és a merevség hossz- és keresztirányban eltérő.
- **Hibrid szövetek:** ezek a szövetek különböző ferde típusokat használnak lánc- és vetülékirányban, hogy kihasználják a különböző szálak pozitív tulajdonságait. A szilárdság és a merevség mindkét irányban azonos lehet.

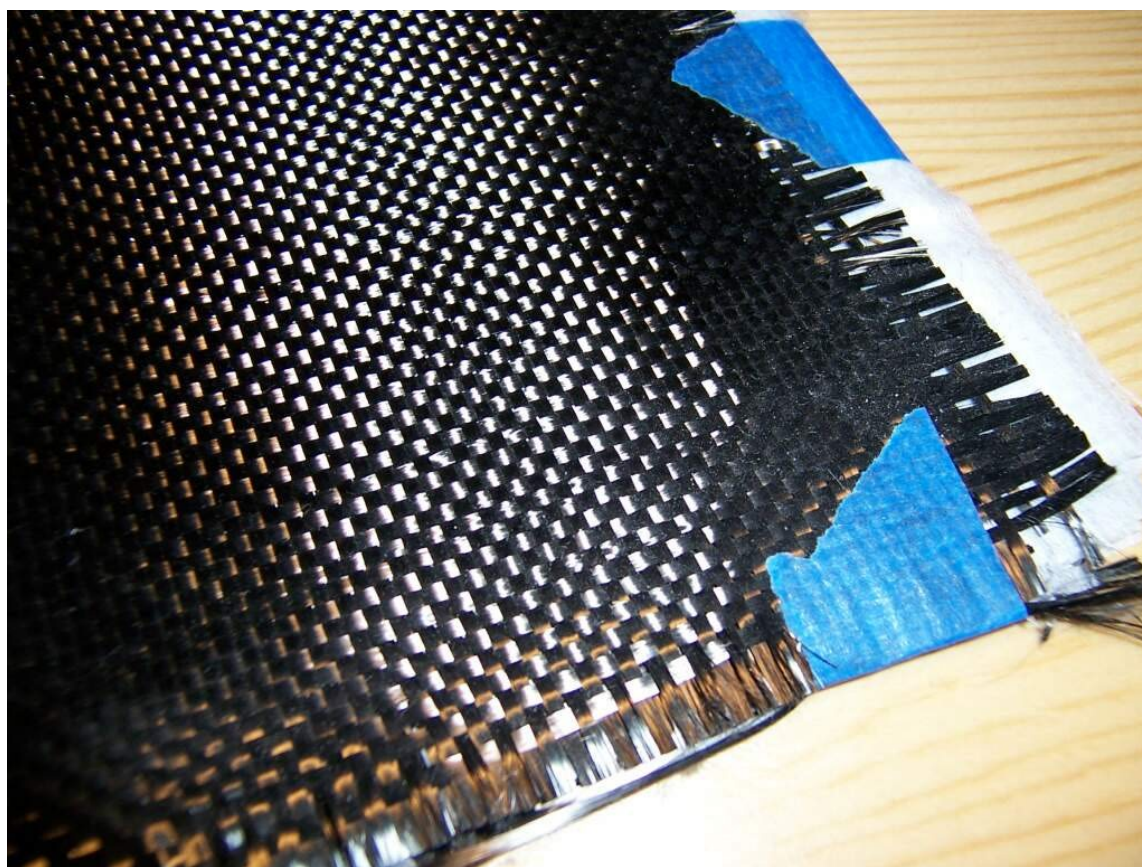
Mechanikai szempontból a szénszálszövetek kedvezőtlenebbek, mint a szénszálak, mert a szövet fonásakor szálak (németül például: Faden) meghajlanak, és így feszültségek ébrednek a szálirányra haránt, amelynek hordására az anizotrop szénszálak nem alkalmasak. A szövetben a szálvezetés hullámos volta a merevségvesztéshez vezet. A szövés kedvezőtlen hatása a sima szálvezetés (németül: Leinenbindung) esetén a legnagyobb és a szatén szálvezetés (németül: Atlasbindung, Satinbindung) esetén a legkisebb (1.5.Sz44. – 1.5.Sz46. ábra).



1.5.Sz44. ábra: Szövetek szálvezetése (IaFB Textile Flächenbildung Merkblatt, 2010)

	
Forgólánc szálvezetésű szövet (németül: Scheindrehergewebe)	A szövet egy csomópontjának vázlatos ábrája

1.5.Sz45. ábra: Szövetek szálvezetése (Bergmeister, 2003)

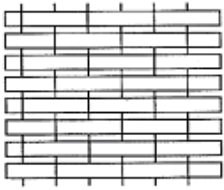
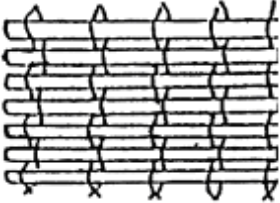
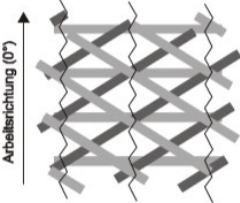


1.5.Sz46. ábra: Sima szálvezetésű szénszálszövet (németül: Kohlenstofffasergewebe in Leinwandbindung). Forrás:

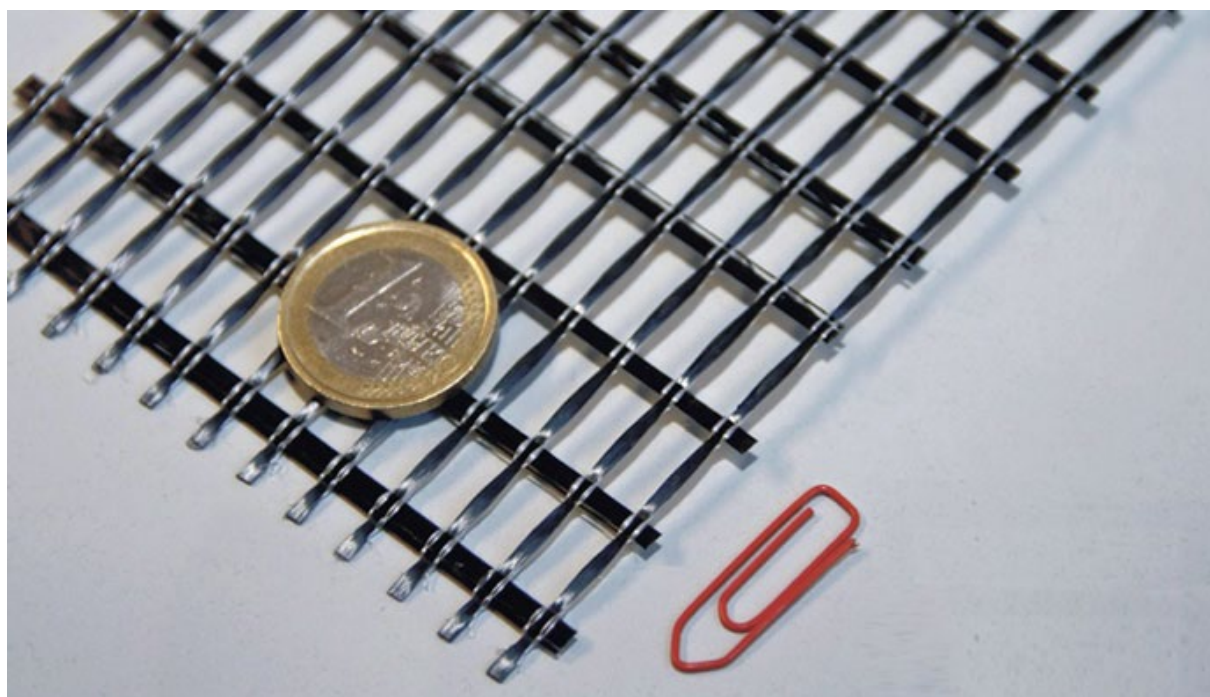
<https://de.wikipedia.org/wiki/Verbundwerkstoff#/media/Datei:Kohlenstofffasermatte.jpg>

EGYIRÁNYÚ KELME (angolul: Sheet, németül: Unidirektionale Gelege, UD-Gelege)

Az egyirányban terhelhető, nemszőtt kelmében minden teherbíró szál egyirányba és egyazon síkban fekszik (a háló nem hullámos). A szorosan vagy néhány mm-re egymás mellé helyezett szálhuzalokat (angolul: Tow, németül: Tau), csavaratlan fonalakat (angolul: Roving, németül: Strang), illetve hosszú szálakat (angolul: Thread, németül: Faden) például poliészter szálakkal, esetleg ragasztással vagy termikus eljárással kötik össze (1.5.Sz47. – 1.5.Sz48. ábra). Az egysíkú, egyirányú, szoros szálelrendezés folytán a szálak nem keresztezik egymást, nincs görbületük és nincs a fonáskor keletkező szilárdság- és merevségvesztés. Ez a szálelrendezés általában előnyösebb, mint a szöveteké (németül: Gewebe). Mindazonáltal ismertek a többirányú szálvezetésű kelmék is.

			
Egyirányú szálvezetésű varrott kelme	Egyirányú szálvezetésű fűzött kelme	Többirányú (60°/90°) szálvezetésű varrott kelme	
fonálarajza			műszaki képe

1.5.Sz47. ábra: Nemszött kelmék szálvezetése (IaFB Textile Flächenbildung Merkblatt, 2010)



1.5.Sz48. ábra: A betonban használt nemszött kelmék (angolul: Sheet, németül: Gelege) szokásos fonaltávolsága (németül: Garnabstand) 5 és 20 mm (Scheerer, 2015)

RÖVIDSZÁLAS HÁLÓ, FONAT (angolul: chopped strands mat, németül: Kurzfasermatte)

A rövidszálas fonat síkba fektetett vágott szálkötegekből (németül: zerhackte Kurzfaserbündel) áll, amelyeket gyanta-szórással kötik össze. Ezeknek a fonatoknak a szélessége 50 mm és 2 m között van. Mivel a szálak véletlenszerűen futnak, ezeket a rövid szálas fonatokat véletlenszerű szálal fonatoknak is nevezik. A rövidszálas fonatok pormentesen vághatóak a vízsugárvágóval.

SZÉNSZÁLFÁTYOL, SZÉNSZÁL-VLIES (németül: Karbon-Vliese)

A vlies-ben (kiejtése: flíz) a szálak véletlenszerűen helyezkednek el, amelyeket nemezeléssel ²⁰⁴ tartanak össze. A textílfátyolnak, vlies-nek kicsi a szakítószilárdsága és merevsége, ezért többnyire csak üvegszálból készítik.

²⁰⁴ A nemezelés eredetileg kézi eljárásként az állati szőrből – hazánkban elsősorban a gyapjas juhok szőréből – forró vizes gyúrás hatására összeakadó pikkelyek segítségével összetömörödött anyagnak, a nemeznek (filnek) készítését jelentette.

Mind a filc (nemez), mind a vlies (fátyol), rövid szálakból, nem szövással készül, de ennek ellenére a kettő nem azonos textílféleség.

Az IaFB Textile Flächenbildung Merkblatt (2010) szerint a textiltátylak irányított (egy-, két- és többirányú) és nemirányított (véletlenszerű, németül: verwirrt) módon is gyárthatók. A véletlenszerű szálas nemszött anyagokat (németül: Wirrfaservliese) rövid vagy vágott szálakból gyártják, szemben például a nemszött kelmékkel (angolul: sheet, németül: Gelege) és a szövetekkel (angolul: woven fabrics, németül: Gewebe) stb., amelyek elméletileg végtelenül hosszú szálakból (angolul: thread, németül: Fade) állnak.

HÁLÓ, FONAT (angolul: Mat, németül: Matte)

A szénszálas fonatot többféleképpen lehet készíteni; tulajdonságuk, hogy az egyes szénszálakat közvetlenül szövik hálóvá, fonattá, de a szénszálas lamellák hulladékából újrahasznosított lamellafonatok is gyártanak. A hálók, fonatok lyukbőssége általában legalább 50 mm. A lamellák szélessége 5-10 mm, a szélesség növelésével csökken a laminálási érdekesség hatása.

LAMELLA (angol rövidítése: CFRP-lamella, német rövidítése: CFK-Lamelle)

A szénszálas lamellákat Pultrusion-eljárással, más néven németül Strangziehverfahren, azaz fonalhúzó eljárással²⁰⁵ gyártják. A lamellák vastagsága 1-3 mm, szélessége 50-300 mm, szállítási hossza 500 m. A lamellákban a szénszálak elrendezése egyirányú. A szálak térfogata körülbelül 70%. Egy 1,2 mm vastag és 50 mm széles lamellában mintegy 1,3 millió szénszál van. Az elmúlt évtizedben a szénszálas lamellák nagyrészt kiváltották az acéllamellákat, mivel azok nagyon érzékenyek a korrózióra, és már néhány év elteltével rozsdanyomokat mutatnak a ragasztórétegen. A szénszálas lamellák lazán vagy előfeszítve is ragaszthatók a megerősítendő anyagra. Az előfeszített szénszálas lamellákat általában a szerkezeti elemek megerősítésére, a repedésszélességek, a hajlások korlátozására használják. A szénszálas lamellák szilárdsága a felhasznált száltól és a száltérfogat-tartalomtól függ. Mivel a szálak nem tökéletesen párhuzamosak és nem egyenletesen oszlanak el a lamellában, a szénszálas lamellákban hajlások és ennek következtében nyíróerők léphetnek fel, ami korai tönkremenetelhez vezet. Ezért a szénszálas lamellákat gyakran kell ellenőrizni. A lamellák megengedett nyúlása 1,0 és 2,0 % között, a nyúlás tervezési értéke 0,6 és 1,0 % között van. Szakítószilárdsága az acél szakítószilárdságának többszöröse (1.5.Sz49. ábra).

A filcet (nemezt) sajtolással és ványolással (gyúrással) állati szálakból (gyapjúból), esetleg szintetikus szálak hozzákeverésével készítik. A ványolás alatt hő, nedvesség, keverés és telítő anyagok hatására a szálak pikkelyeiknél fogva összeakadnak, és felületé tömörülnek. A filc szó a latin filtrum = szűrő szóból ered.

A „Ványoló asszonyok a Feketeügyön, Uzonban (Háromszék vármegye)” című fényképet Csiky András (Zilah, 1894 - Budapest, 1971) festőművész készítette 1930 körül.

Forrás: <https://www.betonopus.hu/notesz/uzon/uzon5.htm>

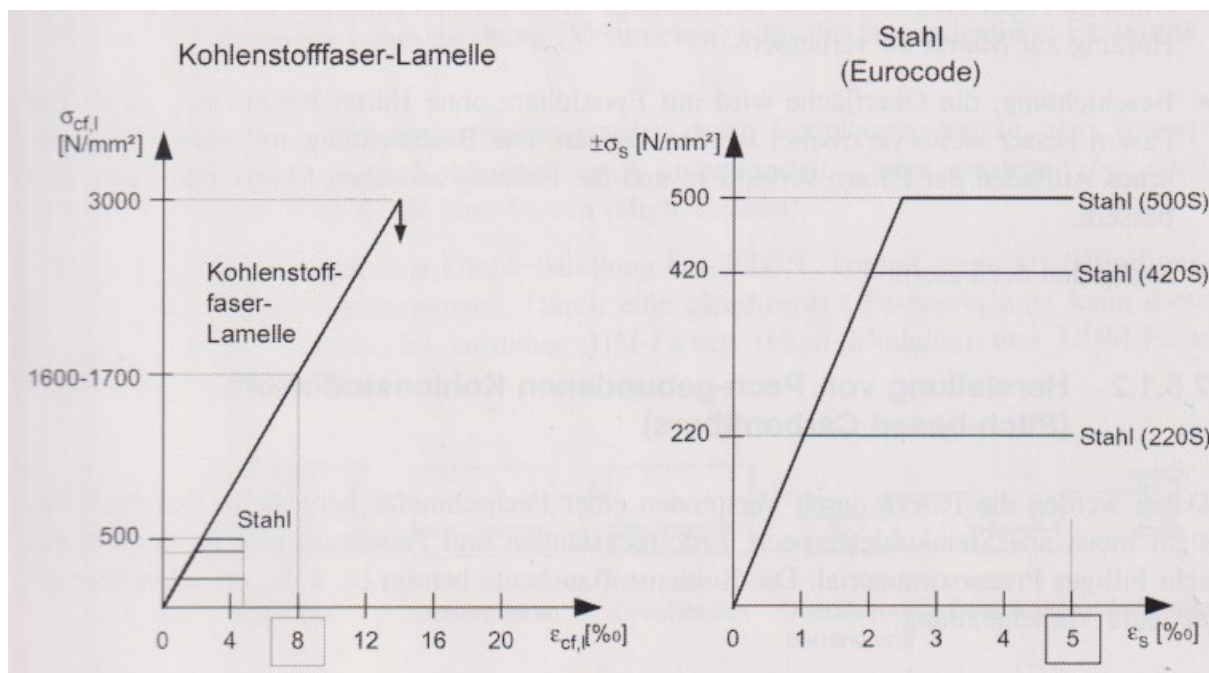


A Czuczor-Fogarasi-féle szótár (Jankovicsné szerk., 2010) szerint a ványol, ványoló, ványolódik stb. szavak gyökere a „vány” törzsszó, és ezek a szavak a „bozontos, kócos szövetek dömöckölésére, illetőleg koptatására vonatkoznak”. „A ványolóban, azaz kallóban az illető szövet ... előbbi terjedelméből veszt, tömöttebbé, összevonttá lesz, hogy továbbá bozontos, kócos részei elhullanak, honnan a ruháról, s más nemű testekről mondjuk, hogy *elványolódnak*, vagy *elkallódnak*, midőn kopnak s vékonyabbakká lesznek, vagy éppen lassanként szétmállanak.”

A vli es természetes vagy szintetikus szálait teljes vagy részfelületen vagy pontokon ragasztóval összeragasztják, vagy a hőre lágyuló szálak hevítéskor összeolvadnak, majd erősítésképpen átvarrják.

²⁰⁵ A Pultrusion eljárás során a száraz fonalat (angolul: Roving, németül: Strang) vagy egyéb félkész száltermékeket hőre keményedő, általában epoxigyanta fürdőjén húzzák át a lamella alakját meghatározó fűtött húzószerszámon, amelyben a gyanta polimerizálódik. Ezáltal a lamella felveszi a húzószerszám nyílásának alakját és epoxigyantával impregnálódik.

A szénszálak lamellákat általában kvarcliszttel vagy kvarchomokkal dúsított epoxigyantával ragasztják a legfeljebb 4% nedvesség-tartalmú beton felületére, amelyre végül a lamellát gumihengerrel rányomják, hogy a felesleges ragasztó és levegő oldalra tudjon távozni.



1.5.Sz49. ábra: A szénszál-lamellák és a betonacél σ - ε diagramjának összehasonlítása (Bergmeister, 2003)

SZÉNSZÁLKÁBEL (angolul: cable, németül: Kabel)

A szénszálkábelek tengelyirányukban kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. A hossz tengelyükre merőlegesen anizotropiájuk folytán a mechanikai terhelhetőségük csekély. Emiatt a szénszálkábeleket nem lehet ugyanúgy lehorgonyozni, mint az acélkábeleket. Az acélkábeleket elsősorban keresztirányú erőkkel lehorgonyozzák le, ami a szénszálkábelek korai meghibásodásához vezetne. A szénszálkábelek lehorgonyozására számos rendszer, mint például a rögzítőbilincs, az öntött hengeres rögzítőhüvely, az öntött kúpos rögzítőhüvely, a lehorgonyzóhéj felszálazott kábelvéggel, illetve ezek kombinációja áll rendelkezésre.

Ajánlott olvasmány a szénszál-erősítésű feszítópászma (CFCC Carbon Fiber Composite Cable) alkalmazásáról: Balázs L. és szerzőtársai (2022).

Lásd még: Karbonbeton, Szénszál-erősítésű beton, Szintetikus erősítőszálak, Rugalmassági modulus, Textil, Textilbeton, Üvegszáltextil, Viszkóz, Vlies-anyagok

Szénszál-erősítésű beton

Angolul: Carbon fiber reinforced concrete, CFRC

Németül: Kohlefaserverstärkter Beton

A hosszú szénszálak alkotta szénszálszövettel (karbonszövettel) vagy szénszálrudakkal (karbonrudakkal) erősített karbonbeton nem tévesztendő össze a szénszál-erősítésű betonnal.

A hagyományos beton hátrányos ridegségének egyik kiküszöbölési módja a szálerősítésű, azon belül a szénszál-erősítésű beton alkalmazása. A kutatási eredmények azt bizonyítják, hogy a betonba megfelelő módon kevert szénszálak – hasonlóan a szintén hő-, elektromos és

elektromágneses vezetőképességű szén-nanocsövekhez (angolul: carbon nanotube, CNT)²⁰⁶, grafén-oxidhoz (graphene oxide)²⁰⁷, vas-oxid-nanorészecskékhez (iron oxide nanoparticle) – a szilárduló friss betonban a nukleáció²⁰⁸ révén elősegítik a C-S-H (calcium silicate hydrate, CHS = kalcium-szilikát-hidrát) gél képződését, és ezzel a cementkő pórusszerkezetét is finomítják és a szálerősítésű beton kedvező mechanikai tulajdonságait – szilárdság, rugalmasság, alakváltozás stb. – és tartósságát tovább fokozzák. (Yali Hao et al., 2023)

Jelei mutatkoznak annak is, hogy a vezetőképes szénszálak betonba keverésével kiválthatók a betonban lejátszódó feszültségváltozások, alakváltozások stb. valós idejű megfigyelésére a betonba ágyazott egyéb, drága, kevésbé tartós érzékelők, mint például a szálas Bragg rácsérzékelő (fiber Bragg grating sensor, FBGS), az alakmemória ötvözet (shape memory alloy) és az ólom-cirkonát-titanát piezoelektromos kerámia. A szénszál-erősítésű beton tehát nagy szilárdsága, tartóssága, jó elektromos vezetőképessége, hőmérséklet- és feszültségérzékenysége alapján kiváló mechanikai és érzékelő tulajdonságokkal rendelkező anyagnak tekinthető. (Yali Hao et al., 2023)

A szénszál-erősítésű beton tulajdonságait mélyrehatóan például Yali Hao és szerzőtársai (Yali Hao et al., 2023) kutatták. Bőséges irodalmi hivatkozással ellátott tanulmányukban kísérleti eredményeik alapján a következő főbb megállapításokat tették:

- A szénszál-erősítésű beton készítésének sarokpontja a szénszálak egyenletes elkeverése a cementhabarcsban, ami az erős *van der Waals* erők és a szénszálak közötti felületi hidrofóbítás (víztaszítási képesség) mellett nagy léptékben, a mérnöki szerkezetekben nem könnyű feladat.
- Szükség lenne egy hatékony szénszáleloszlás-értékelő rendszer létrehozására, mert a szénszálak betonban való eloszlását (diszperzitását) pásztázó elektronmikroszkóppal (Scanning electron microscope, SEM) korlátozottan lehet megfigyelni, amit az is nehezít, hogy az elektromos és mechanikai tulajdonságvizsgálatokkal kapott eredmények szorosan összefüggenek a minta a nedvességtartalmával, valamint a minta és az elektróda közötti kötési viszonyokkal.
- A szénszál-tartalom növelésével a beton alakváltozása csökken, tehát kisebb szénszál-adagolás esetén nagyobb az alakváltozás mértéke (strain response). A szénszál adagolásának célszerű mértéke a szénszál-erősítésű betonba a jó mechanikai tulajdonságok elérése érdekében a beton bedolgozhatóságának figyelembevételével 0,5-1,0 térfogat%, legfeljebb 1,5 térfogat%. Az ilyen szénszál-erősítésű beton termoelektromos, elektrotermikus és feszültség érzékelőképessége kielégítő, miközben viszonylag érzéketlen a környezeti változásokra.
- A kutatási eredmények szerint a szénszál-erősítés nagy mértékben gátolja a repedések kialakulását a betonban, következésképpen a szénszál-erősítésű beton fagyás-olvaszási, kloridion-penetrációs és szulfátkorróziós környezetben is nagyon tartós, de a tartósság és az elektromos vezetőképességi tulajdonságok romlásának kutatása még várat magára.
- A szénszál-erősítésű beton kedvező mechanikai tulajdonságait, tartósságát, elektromos tulajdonságait nem elég a megfelelő szénszál-tartalommal, szénszál-hosszúsággal és

²⁰⁶ A szén-nanocső a szén egyik allotrop módosulatának sajátos, hengeres szerkezetű típusa. A szén-nanocsövek kvázi-egydimenziós szerkezetek, azaz a tér egyik irányába kiterjedtek, míg a másik két irányban nanométeresek. Közel atomi méreteik miatt szén makromolukuláknak is tekinthetők. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Szén_nanocső)

²⁰⁷ A grafén a szén nanoszerkezetű allotrop módosulata, egy egyetlen atom vastagságú grafitréteg, amelyet méhsejtrácsos elrendezésű szénatomok alkotnak. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Grafén>)

²⁰⁸ A nukleáció a fázisátalakulás során végbemenő egyenletes szilárd-mag képződést jelent. (<http://austen.elte.hu/a/u/measures/C9TLWX/LABKONYV/SZEMIN.PDF>)

diszperziós fokkal²⁰⁹ beállítani, mert a betontulajdonságokat a szénszálak és a cementkő közötti kölcsönhatások is nagymértékben befolyásolják.

Ajánlott olvasmány: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>

Lásd még: Karbonszövetbeton, Szálerősítésű beton, Textilbeton, van der Waals erők

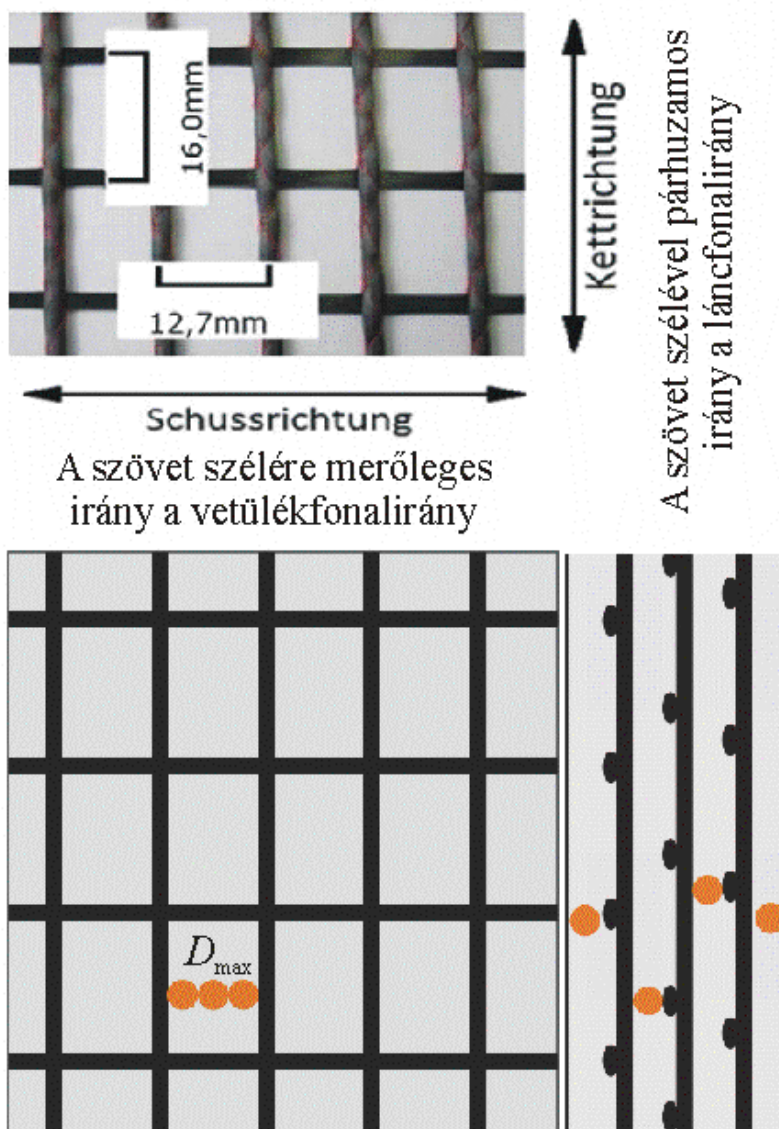
Szénszáltexilbeton

A szénszáltexilbeton olyan finombeton, amelyet szénszáltexilrel erősítenek. A szénszáltexil (karbonszövet) erősítésű betonokat gyakran textilbetonnak nevezik, bár az utóbbi a szénszáltexilbetonnál tágabb fogalom, mert a textilbeton erősítő anyaga például üvegszáltexil (üvegszövet), bazaltszáltexil (bazaltszövet) is lehet.

A szénszáltexilbeton készítéséhez használt szénszálak rendkívül vékonyak, a gyakorlatban az átmérőjük általában 5-7 mikrométer. A szénszálak több mint 90%-a szénatom, a többi részét főként nitrogénatom képezi. A szénatomok kristályos, illetve grafitos síkokat alkotnak. (Wesche, 1993)

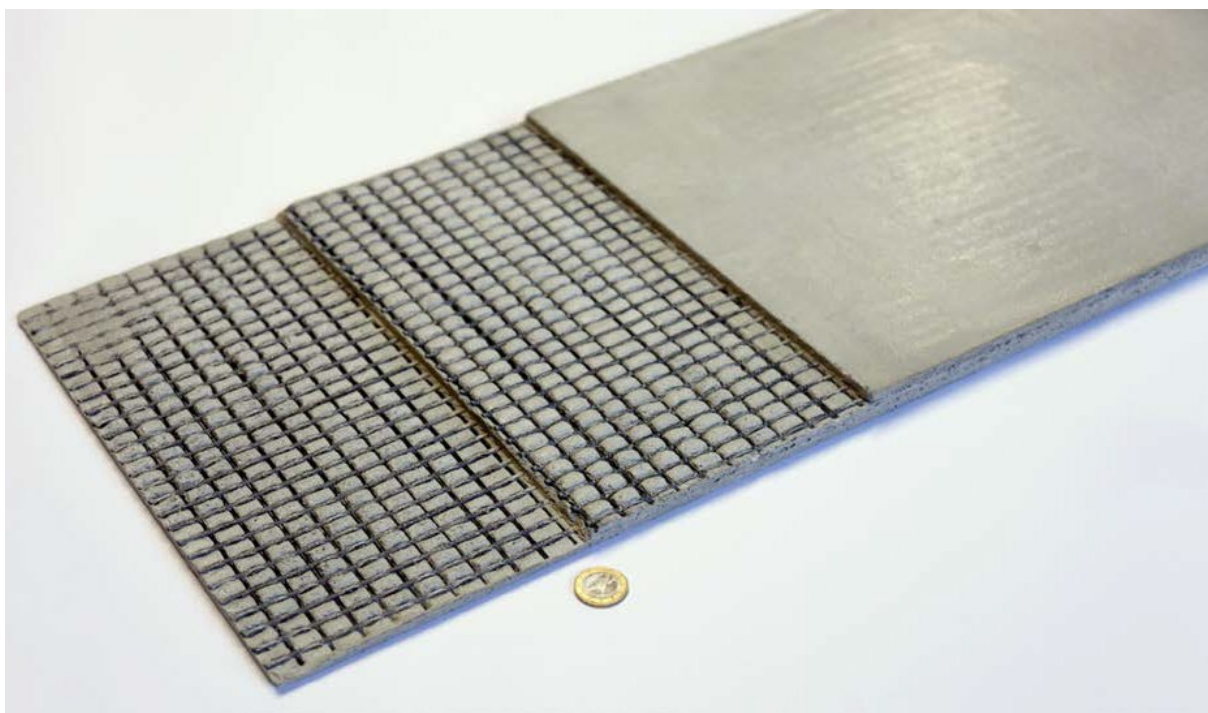
A szénszáltexilbeton – és valamennyi textilbetonféleség – adalékanyagának legnagyobb szemnagysága legfeljebb a textil legkisebb lyukbőségének harmada, illetve többrétegű erősítés esetén a rétegek közötti legkisebb távolság lehet, legfeljebb 8 mm, de általában inkább 4 mm, vagy csak 2 mm (1.5.Sz50. ábra).

²⁰⁹ A diszperz rendszerek (valamely közegben egymástól viszonylag független, igen finoman elosztatott részecskéket tartalmazó anyag) tulajdonságait alapvetően a diszpergált (elosztatott) részecskék nagysága határozza meg. A diszpergáltság mértékét a diszperziós fok fejezi ki, amelyet általában a diszpergált részecskék térfogati fajlagos felületének (felület/térfogat) nagyságával, más szóval a részecskék átmérőjének reciprokával írnak le. (Henning et al., 2002)

**1.5.Sz50. ábra:**

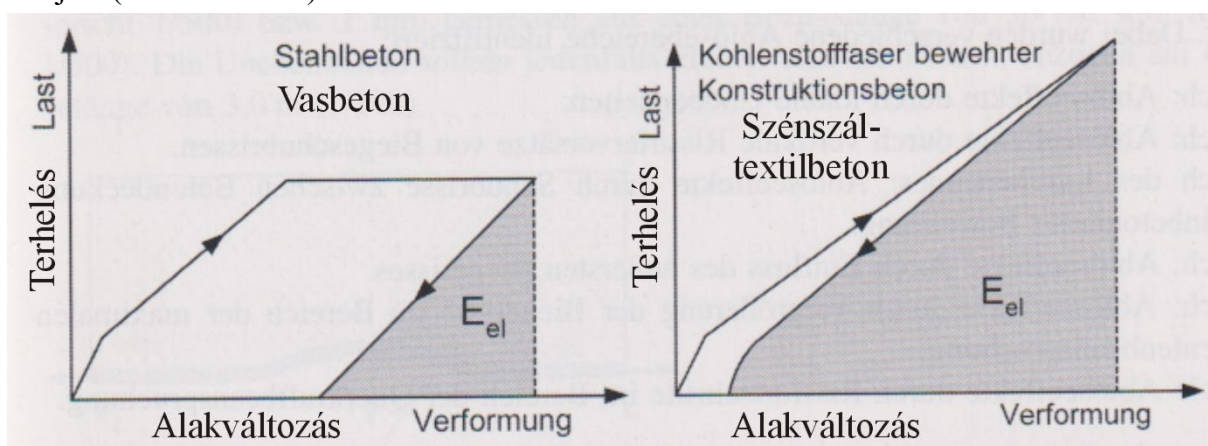
A szénszáltexzilbeton
adalékanyagának
legnagyobb szemnagysága
Müller, S. (2018) után

A szénszáltexzilbeton egyik fő előnye a szénszál korrózióállóságában rejlik, amelynek egyik hozománya a betonfedés és az elemvastagság számottevő lecsökkenése (1.5.Sz51. ábra).



1.5.Sz51. ábra: Többrétegű szénzáltexzilbeton. Forrás: Müller, S. (2018)

A vasbeton és a szénzáltexzilbeton között jelentős különbség, hogy míg igénybevételkor a vasbeton rugalmas-képlékeny viselkedésű, addig a szénzáltexzilbeton a megrepedésig lényegében rugalmasan viselkedik. Tehermentesítés során a vasbetonnak nagy, a szénzáltexzilbetonnak pedig kicsi a maradó alakváltozása, míg a rugalmas alakváltozás sokkal nagyobb, mint a vasbetoné. A vasbeton és a szénzáltexzilbeton erőtanai viselkedésének különbségét a σ - ε diagram tehermentesítési (törési) leszálló ága alatti területek (E_{el}) aránya jól kifejezi (1.5.Sz52. ábra).



1.5.Sz52. ábra: A vasbeton és a szénzáltexzilbeton tehermentesítési (törési) rugalmas alakváltozási energiájának (E_{el}) összehasonlítása (Bergmeister, 2003)

A szénzáltexzilbetonból jelenleg viszonylag kevés új szerkezet épül, a költségességtől eltekintve feltehetőleg azért, mert méretezési segédletek, műszaki irányelvek vagy előírások, szabványok még nem állnak rendelkezésre, és a tervezést egyedi kísérletek kell megelőzzék. Németországban 2022-ben tervbe vették a szénzáltexzilbeton alkalmazása ipari szabványainak kidolgozását (<https://www.bauen-neu-denken.de/c3-partner-setzen-industriestandards-fuer-carbonbeton/>).

Ugyanakkor a meghibásodott vasbetonszerkezetek szénzáltexzillal való utólagos megerősítése a szénzáltexzilbeton nagyon fontos felhasználási területe, mert erre a feladatra a

szénszáltexsilbeton rugalmassága, nagy szilárdsága, kedvező elektromágneses tulajdonságai, korrózióállósága stb. következtében igen alkalmas.

A régebben épült és károsodott vasbeton-tartószerkezetek szénszáltexsilvel történő megerősítéséről *Balázs L. Gy.* professzor (1999) a „Vasbetonépítés” című folyóiratban írt cikket, amely itt olvasható: http://www.fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb1999_4.pdf. Utóbb a szénszáltexsilbetonnal való tartómegeerősítés lehetőségeiről a 2022. évi *Beton-Kalender* könyvben jelent meg tanulmány (*Manfred et al.*, 2022). A karbonbetonnal való megerősítésről a világhálón például *M. May* (2022) dolgozata olvasható.

Lásd még: Lövellt beton, Textilbeton

Szétrágódás

Lásd: Kirágódás

Szferoidizáló lágyítás

Lásd: Acélglyártás, Szferoiditos szövetszerkezet

Szferoiditos szövetszerkezet

A szferoiditos szövetszerkezet gömbhöz közelálló szemek alkotta szövetszerkezet. Az acél szferoidizáló izzításának, lágyításának a célja a szemcsés perlites szövetszerkezet létrehozása. (*Óvári szerk.*, 1985)

Lásd még: Acélglyártás

Szigetelés betonburkolattal, Szigetelésvédő beton

A közúti hidak vasbeton pályalemezének betonburkolattal való szigetelésének, illetve a szerves anyagú szigetelést védő beton készítésének feltételeit az e-Ut 07.03.25:2020 útgyi műszaki előírás tárgyalja.

Eszerint szigetelést védő betonréteg csak átvezetett töltéssel épülő közúti hídra vagy földfeltöltéssel épülő vadátjáróhídra tervezhető. A hídpálya burkolati rendszer részeként a szigetelőrétegre épített beton- vagy vasaltbeton védőréteg a szigetelőréteg védelmét, a teherviselést, a tehereloszlást biztosítja. A védőbeton nyomószilárdsági osztálya legalább C20/25 (MSZ 4798), vastagsága legalább 100 mm legyen.

A szerves anyagú szigetelési rendszerrel szigetelendő betonfelület az MSZ EN 1542:2000 szabvány, illetve az e-Ut 07.03.25:2020 útgyi műszaki előírás M1. melléklete szerint vizsgált merőleges irányú tapadó-húzószilárdsága új építésű pályalemez vagy új profilbeton réteg esetén legalább 1,5 N/mm² átlagérték, felújítás esetén, azaz a régi szigetelés eltávolítása és az új szigetelés alá végzett felület-előkészítés után legalább 1,5 N/mm² átlagérték és legalább 1,0 N/mm² egyedi érték legyen.

Szigmacement

Szigmacement a mészkőportlandcement egykori elnevezése. A szigmacement mintegy 70 tömeg% finomra őrlött szilikátcementklinkerből és 30 tömeg% mészkőlisztből (nem égetett, hanem természetes őrlött mészkőből) áll. Az őrlött szilikátcementklinker szemnagysága 0,04 mm-nél kisebb, a mészkőliszt szemnagysága 0,04-0,20 mm közötti volt. A szigmacement gyártási mészkőlisztfajta felületi vízlekötőképessége nagy kell legyen, hogy a mészkőliszt a felületén lekötött vizet a kötés folyamán a cementgélnek, illetve a cementkönek – mintegy belső utókezelésként – át tudja adni. Minthogy a víz a cementszemcsékbe mintegy 0,015 mm mélyen hatol be, a finomra őrlött cement elvileg maradéktalanul hidratálódhat. Zsugorodása a nagy I. típusú (inert) kiegészítőanyag tartalom folytán a tiszta portlandcement zsugorodásánál kisebb. A szigmacementet a magyar származású *Gottlieb* 1941-1942-ben találta fel, de a szigmacement hazánkban nem nagyon terjedt el, mert – bár eleinte alkalmazása sikeres volt, de később – a

cementklinker 4000-5000 cm²/g fajlagos felületűre és a mészkőliszt 0,10 mm szemnagyság alá őrlését, valamint a szigmacement megfelelő homogenizálását nem végezték el (*Palotás*, 1979. 2. kötet).

Idehaza az 1953-ban felavatott Népstadion 60 ezer m³ betonja nagyrészt szigmacementtel készült. (*Révai*, 1995)

Megjegyzés: A mai cementek közül a CEM I 52,5 N és CEM 42,5 R jelű gyorsan szilárduló portlandcementnek van 3800-4000 cm²/g fajlagos felülete. (CEMBETON Útmutató, 2017)

Szigma-epszilon görbe

Lásd: σ - ε görbe

Szignifikancia

Angolul: Significance

Németül: Signifikanz

A szignifikancia latin eredetű szó (significatio = megjelölés, jelzés), voltaképpen a statisztikai jelenségek becslésének tévedési valószínűségét jelenti.

Lásd még: Szignifikanciaszint, Konfidencia

Szignifikanciahatár

A szignifikanciahatár kétoldali vizsgálat esetén a valószínűségi tartománynak (intervallumnak) az n mintaelemszámtól függő $k_{\text{alsó}}$ alsó és $k_{\text{felső}}$ felső határa, amelyeken a valószínűségi változó valamely (például $p(x)_{\text{alsó}} \leq 0,025$; és $p(x)_{\text{felső}} \geq 0,975$) relatív gyakoriságú meg nem felelőnek tartott értékei adott valószínűséggel (például $\alpha_2 = 50\%$, 25% , 10%) kívül esnek, illetve egyoldali vizsgálat esetén a valószínűségi tartománynak (intervallumnak) az n mintaelemszámtól függő $k_{\text{alsó}}$ alsó határa, amely alatt a valószínűségi változó valamely (például $p(x)_{\text{alsó}} \leq 0,05$) relatív gyakoriságú meg nem felelőnek tartott értékei adott valószínűséggel (például $\alpha_1 = 50\%$, 25% , 10%) elhelyezkednek.

Például egyoldali vizsgálat esetén az $N(\mu; \sigma^2)$ normális-eloszlásból (*Gauss*-eloszlás) származtatott, ugyancsak szimmetrikus t -eloszlás (*Student*-eloszlás) $\alpha_1 = 5\%$ -os szignifikanciaszinthez, illetve 5% -os alulmaradási hányadhoz ($\beta_1 = 95\%$ -os konfidenciaszinthez) tartozó szignifikanciahatára -1,645.

Jele általában: k (*Fischer*, 1995, 1999. 2006)

Lásd még: Szignifikanciaszint, Konfidenciahatár

Szignifikanciaszint, Alulmaradási szint, Alulmaradási valószínűség, Alulmaradási hányad, Tévedési valószínűség szintje, Kockázat szintje

Angolul: Level of significance

Németül: Signifikanzniveau

Szignifikanciaszintnek azt a kétoldali vizsgálat esetén szignifikanciahatárokkal, egyoldali vizsgálat esetén szignifikanciahatárral kijelölt matematikai statisztikai valószínűséget (sűrűséggörbe alatti területet) nevezzük, amellyel a valószínűségi változó meg nem felelő értékei előfordulnak.

Más szóval a szignifikanciaszint a vizsgált tételben a megfelelőségi feltételt (konfidenciahatár) ki nem elégítő minták valószínű részaránya, azaz alulmaradási hányada.

Jele általában: α . A szignifikanciaszint kapcsolata konfidenciaszinttel: $\alpha = 1 - \beta$, illetve $\alpha\% = 100 - \beta\%$, ahol β a konfidenciaszint.

Például egyoldali vizsgálat esetén a -1,645 konfidenciahatárú, $\alpha_1 = 5\%$ -os szignifikanciaszintű $N(\mu; \sigma^2) = N(0; 1)$ standardizált normális-eloszlás alulmaradási hányada $\alpha_1 = 0,05$, illetve 5% .

Lásd még: Szignifikanciahatár, Konfidenciaszint

Szikramentes beton

Szikramentesnek vagy szikrabiztosnak azt a betont tekintjük, amelyből szabályozott körülmények között a betonfelülethez ütődő, adott tömegű és meghatározott minőségű acélból készített ingás kalapács nem csíhol szikrát. Ennek annál nagyobb az esélye, minél kevesebb a beton – elsősorban 4 mm-nél nagyobb szemnagyságú – adalékanyagának kvarc- (SiO_2) tartalma (1.5.Sz9. táblázat).

1.5.Sz9. táblázat: A hazai fontosabb építési kőanyagok néhány kémiai összetevője

Megnevezés	SiO_2	CaO	MgO	Izzítási veszteség
	tömeg%			
Kvarckavics	75-85	0-5	0-8	0-2
Gránit	60-75	0-3	0-1	0-2
Andezit	55-65	4-10	0-4	0-4
Bazalt	45-55	7-11	6-10	0-4
Dolomit	0-1	28-32	20-24	44-48
Tömött mészkő	0-2	53-57	0-1	42-45

Az 1.5.Sz5. táblázat adatai arra utalnak, hogy a nagy SiO_2 -tartalom miatt kvarckavicsból nem szabad szikramentes betont készíteni. Megoldást a zúzottkőbeton alkalmazása hozhat, amelynek adalékanyaga andezit vagy bazalt, esetleg dolomit lehet. Az andezit és bazalt egyaránt kiömlési kőzet, amelyek közül néhány érv – mint a kisebb SiO_2 tartalom, nagyobb nyomószilárdság, kisebb aprózódás, kopás, porozitás, vízfelvétel, a kedvező útbeton építési tapasztalat – a bazalt mellett szól. Bazalt adalékanyaggal mérsékeltén szikramentes beton készíthető.

A dolomit és a tömött mészkő vegyi üledékes kőanyag, SiO_2 -tartalmuk elhanyagolhatóan kevés, felhasználásukkal teljesen szikramentes beton készíthető; a dolomitok között található olyan kőanyag, amelynek a mészkő tulajdonságainál jobbak a közetfizikai és időállósági tulajdonságai.

A tapasztalatok szerint a beton szikramentességét a legcélszerűbb vegyes összetételű adalékanyaggal megoldani:

- a szikramentesség követelményének azáltal felelünk meg, hogy a 12 mm feletti szemnagyságtartományban jó minőségű dolomit adalékanyagot használunk, mert a szikraképződés veszélye a szemnagyság növekedésével fokozódik, tehát a durva szemeket célszerű nem szikrázó kőanyagból beépíteni,
- a korrózióállóság követelményének azáltal felelünk meg, hogy a 2/12 mm szemnagyság tartományban bazalt adalékanyagot használunk, mert a korrózió veszélye az adalékanyagszemcse nagyobb fajlagos felülete és a porózusabb beton struktúra folytán a finom szemekre nagyobb, mint a durvábbakra, tehát célszerű, ha a közepes szemek és a finom szemek egy része a korrózióknak jobban ellenálló kőanyagból áll,
- a bedolgozhatóság követelményének teljesülését egyrészt azzal segítjük elő, hogy a 2/12 mm szemnagyság tartományban zömökebb szemnagyságú, KZ termékosztályú zúzottkő frakciókat használunk, mert ezzel csökkentjük a friss beton belső súrlódását és bedolgozási ellenállását,
- azzal is elősegítjük a bedolgozhatóság követelményének teljesülését, hogy a 0/1 mm szemnagyság tartományban kizárólagosan, az 1/4 mm szemnagyság tartományban részben bányahomokot használunk. A bányahomok a folyami homoknál gömbölyűbb szemalakú.

Szikramentes betont például kőolaj- és földgázmezőn létesülő betonutak vagy vasbeton műtárgyak építéséhez, vegyi üzemek stb. tér- és padlóburkolatai, olajipari stb. kármentők, tűz- és robbanásveszélyes hulladéktárolók stb. készítéséhez szokás alkalmazni.

Ajánlott olvasmány:

<http://www.betonopus.hu/notesz/betontechnologia-szikramentes-acelszal-erositesu-beton.pdf>

Szikrapróba

Lásd: Acél szikrapróbája

Szilárd anyag

A szilárd test mikroszkopikus méretekkel rendelkező olyan egysége, amely tömeg nélküli teret lényegében nem tartalmaz. Gyakorlatilag ilyen „abszolút tömör” szövetszerkezete van a fémeknek, az üvegnek, a műanyagoknak. Szilárd anyagnak tekinthető például az anyagsűrűség meghatározása céljára laboratóriumban 0,2 mm alá porított betonporszem, kavicsporszem, homokporszem stb., illetve az ennél a méretnél eleve finomabb szemű cement-szem, őrölt égetett mészszem, kőliszt-szem stb.

Lásd még: Szilárd test

Szilárd oldat

Az ötvözet szövetelemét, ha alkotórészei felhevített, de még szilárd állapotban is oldódnak egymásban, és az ötvözet egyetlen kristályos fázisként merevedik meg, szilárd oldatnak nevezik. Például szilárd oldat a ferrit, amely az α -vas szénalattal alkotott ötvözet. Említésre méltó a szilárd oldatok kémiai viselkedése is; ha ugyanis kémiaiilag nem ellenálló fémeket, például vasat, megfelelő mennyiségű ellenálló fémekkel ötvözzük, akkor az utóbbi fém szilárd oldat keletkezése esetén a nem ellenálló fémeket is védi az oldódástól. Ha a vasat az oxidáló hatásoknak nagyon ellenálló krómmal ötvözzük, akkor rozsdamentes és tűzálló acélt kapunk. Ha a króm mellett megfelelő módon még a kénsavval és sósavval szemben is elég ellenálló nikkelt is ötvözzük az acélba, úgy az acél savállósága is javul. (Verő, 1940)

Lásd még: Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Szilárd test

Makroszkopikus méretekkel rendelkező egység, amely szilárd anyagból és több-kevesebb tömeg nélküli térből (pórusból) áll. Szilárd test például a szilárd halmazállapotú porózus építőanyag, így a beton, habarcs, égetett mészs darab, kavics-szem, homok-szem, zúzottkő-szem stb.

Lásd még: Szilárd anyag

Szilárdságtan

A szilárdságtan a terhelés előtt és után is tartós nyugalomban levő, alakváltozásra képes testek feszültségállapotának, kinematikájának, dinamikájának és anyagszerkezeti viselkedésének a tudománya.

Szilárdulási fok, szilárdulási fokozat

A beton szilárdulási foka (fokozata) az előregyártott beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemek MSZ EN 13369:2024 szabványának 2. táblázata szerint a beton nyomószilárdsági osztályának és környezeti osztályának függvényében :

$$D_d^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,cure}}{f_{ck}}$$

ahol:

$f_{c,cure}$ = a beton próbahenger vagy próbakocka elérendő, azaz legkisebb átlagos nyomószilárdsága az előregyártott elem utókezelésének, illetve nedvességvesztéstől való óvásának végén

f_{ck} = a beton jellemző értéke (karakterisztikus értéke), amelyet MSZ EN 13369:2024 szabvány alkalmazási területével foglalkozó 1. fejezete értelmében az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti *Taerwe*-féle alulmaradási tényezővel számítanak ki.

Más szóval: Az előregyártott elemet addig kell utókezelní, illetve a nedvességvesztéstől védéní, amíg a vele azonos minőségű próbatest nyomószilárdsága a nyomószilárdság jellemző értékének $D_d^{\%}$ százalékos értékét el nem éri:

$$f_{c,cure} = \frac{D_d^{\%}}{100} \times f_{ck}$$

Az MSZ EN 13369:2024 szabvány 4.2.1.3. szakasza szerint, ha a beton tervezési élettartama több, mint 50 év vagy ha a környezeti feltételek különlegesek, akkor – a szabvány alkalmazási helyén érvényes követelményektől függően – más értékek is megadhatók.

A *Taerwe*-féle alulmaradási tényezőhöz az átvételi biztonság kárára nagyobb A(5%) elfogadási valószínűség (~70%) tartozik, mint amekkora az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 méretezési szabvány és az MSZ 4798:2016 betonszabvány P melléklete szerint a *Student*-féle alulmaradási tényezővel számolva alapján megengedhető (lényegét tekintve: ~50%).

Ezért MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány közötti ellentmondás feloldásaként indokolt az előregyártott elemek szilárdulási fokát nem a nyomószilárdság jellemző értékének (f_{ck}) százalékában ($D_d^{\%}$), hanem a 28 napos beton átlagos nyomószilárdságának (f_{cm}) százalékában a módosított szilárdulási fokkal ($D_{d,mód}^{\%}$) kifejezeni, azzal a feltétellel, hogy végig víz alatt tárolt próbahenger esetén $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8,0 \text{ N/mm}^2$ (MSZ EN 1992-1-1:2010):

$$D_{d,mód}^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,cure,cyl}}{f_{cm,cyl}}$$

és vegyesen tárolt próbakocka esetén (MSZ 4798:2016):

$$D_{d,mód}^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,cure,cube,H}}{f_{cm,cube,H}}$$

azzal a feltétellel, hogy

- C20/25 és C50/60 nyomószilárdsági osztály között:

$$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,75 = (f_{ck,cyl} + 8,0)/0,75$$

- C55/67 és C100/115 nyomószilárdsági osztály között:

$$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,77 = (f_{ck,cyl} + 8,0)/0,77$$

A $D_{d,mód}^{\%}$ módosított szilárdulási fok előírt értéke egyezzen meg a $D_d^{\%}$ szilárdulási fok előírt értékével, amely az MSZ EN 13369:2024 szabvány szerint az XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XF1 és XS1 környezeti osztályban 35%, a többi környezeti osztályban pedig, ahol meghatározó (releváns), a nyomószilárdsági osztálytól függően vagy 35% vagy 60%.

Lásd még: Utókezelési idő

Szilárdulási idő tényező

Tényező, amellyel a beton 28 napos átlagos nyomószilárdságát (f_{cm}) megszorozva a 28 naposnál fiatalabb beton átlagos nyomószilárdsága megbecsülhető. A szilárdulási idő tényező a hőmérséklet befolyásolta helyettesítő időtartamnak (t_T) és a cement fajtájától függő együtthatónak (s) a függvénye Jele: $\beta_{cc}(t)$

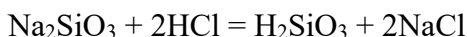
Szilárdulási ütem, szilárdulási sebesség

A beton nyomószilárdságának fejlődése 20 °C hőmérsékleten, a 2 napos és a 28 napos korú beton átlagos nyomószilárdságának hányadosával kifejezve. Az MSZ 4798:2016 szabvány 16. táblázata szerint az építéshelyen bedolgozott beton (monolitbeton) szilárdulási üteme (sebessége) gyors, ha $0,5 \leq f_{cm,2}/f_{cm,28}$; közepes, ha $0,3 \leq f_{cm,2}/f_{cm,28} < 0,5$; lassú, ha $0,15 \leq f_{cm,2}/f_{cm,28} < 0,3$; nagyon lassú, ha $f_{cm,2}/f_{cm,28} < 0,15$.

Lásd még: Szilárdulási fok, Utókezelési idő

Szilika, szilikagél

Más szóval kovasav ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$, például: H_2SiO_3 vagy H_4SiO_4). A kovasav sói a szilikátok. „Ha nátrium-szilikát oldatát sósavval megsavanyítjuk, akkor kovasav válik szabaddá:



mely előbb-utóbb kocsonyás csapadék alakjában kiválik az oldatból. A keletkezett kovasav kezdetben rendszerint kolloid oldatot alkot. Az ilyen kocsonya friss állapotban egy molekula kovasavra több mint 300 molekula vizet is tartalmazhat, melynek nagy részét zsugorodás közben lassankint leadja. Kiszárítva a kocsonyából likacsos s ezért igen nagy felületű kovasav marad vissza, mely kitűnő adszorbens, s ezért szilikagél néven kiterjedten használják gőzök és folyadékok tisztítására. A szilikagél nemcsak adszorbens, hanem a vizet is mohón magába szívja.” (Erdey-Grúz, II./19. 1940)

Lásd még: Szilikátok

Szilikapor

Angolul: Silica fume, silica dust

Németül: Silikastaub, Mikroszilika,

A szilikapor amorf kvarc, amely puccolános tulajdonsága folytán lassan és csak gerjesztő, aktivizáló anyag, esetünkben például cement jelenlétében szilárdul.

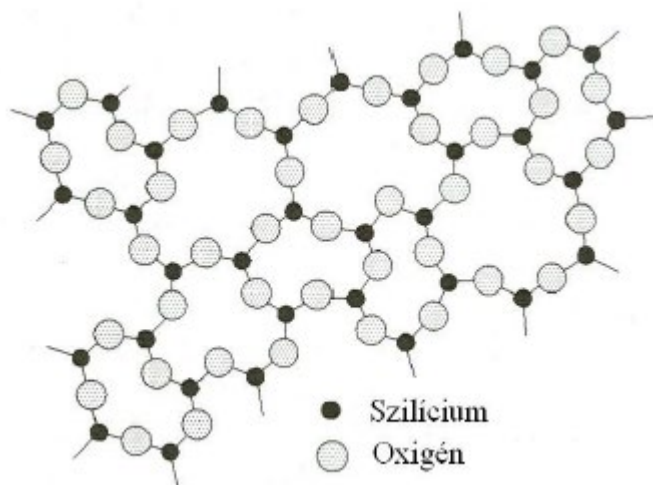
A szilikapor szilícium és szilícium-otvözetek, például a – 16-60 mm szemnagyságú kvarckavics, acélhulladék és koks, illetve faszén alapanyagú – nagy tisztaságú ferro-szilícium gyártása során melléktermékként keletkezik, amikor is az elektromos olvasztó ívkemencében a kvarc (SiO_2) 1650 °C feletti hőmérsékleten megolvad, és egy oxigén-atomot veszve szilíciumoxid-gőz (SiO) keletkezik. Ezen a magas hőmérsékleten a szilícium-gőz egyik része reakcióba lép a szén elégeésekor keletkező szén-dioxiddal, ez adja a fémes, úgy nevezett nyers-szilíciumot, másik része a kemence használt levegőjének oxigén-tartalmával reagálva szilícium-tetraoxidá (SiO_4) alakul, és lehűléskor finom gyöngy alakjában lecsapódik.

A szilícium-tetraoxid molekulák közös oxigén-atomokkal egymáshoz kapcsolódva szabálytalan térhálót képeznek, amelyben ezáltal az oxigén:szilícium elem-arány 2:1, tehát a kiindulási kristályos kvarc egy része amorf alakban voltaképpen szilícium-dioxiddá (SiO_2) alakul vissza. Ezt a finom amorf szilícium-dioxid gyöngyöt dolgozzák fel mikroszilikának nevezett beton kiegészítőanyaggá, por (szilikapor) vagy szuszpenzió (mikroszilika szuszpenzió) formájában.

A szilikapor legalább 85 tömeg% amorf szilícium-dioxidot tartalmaz, a szemek gömb alakúak, átlagos nagyságuk mintegy 0,1-0,3 μm , és így lényegében két nagyságrenddel kisebbek, mint a cement szemek, amelyek átlagos szemnagysága 5-30 μm (1.5.Sz53. ábra). Az MSZ EN 13263-1:2005+A1:2009 szabvány szerint a szilikapor fajlagos felületének az ISO 9277:2010 szerinti BET (Brunauer, S. – Emmett, P. H. – Teller, E. nevének kezdőbetűiből, Brunauer et al., 1938) gázadszorpciós módszerrel vizsgálva 150.000-350.000 cm^2/g (15-35 m^2/g) közé kell esnie, és ezáltal közel két nagyságrenddel nagyobb, mint a cement vagy a pernye fajlagos felülete. A cement Blaine szerinti fajlagos felülete mintegy 3.000-4.500 cm^2/g , azaz 300-450 m^2/kg . A szilikapor anyagsűrűsége 2,2-2,4 g/cm^3 , halmazsűrűsége laza állapotban 0,20-0,35 g/cm^3 .

A szilikapor betonbeli ártalmatlansága érdekében szulfát-tartalmát ($\text{SO}_3 \leq 2,0$ tömeg%) és klorid-tartalmát ($\text{Cl}^- \leq 0,3$ tömeg%), továbbá izzítási veszteségét ($\leq 4,0$ tömeg%) korlátozzák.

Eichler (1991) szilárdulási modellje szerint a szilikapor vízzel való érintkezéskor a felületén kovasavvá (H_4SiO_4), majd polikovasavvá alakul. A vízben oldott polikovasav bevonja a szilikapor szilárd amorf kvarc fázisát. Ez a szilikapor-szuszpenzió gélképződésének folyamata. Ugyanakkor a cement hidratációja során kalcium-hidroxid keletkezik, amellyel mind a szilárd amorf kvarc, mind a polikovasav reakcióba lép, és eszerint a végtermék különböző lehet. A szilárd amorf kvarc szilícium-tetraoxid térhálójába kalcium-ionok épülnek be (1.5.Sz53. ábra), ami végül a lúgos környezetben a térháló felhasadását okozza, és kalcium-szilikát-hidrátok képződésére vezet. Az ebből adódó szilárdság-növekmény általában 5-7 nap múlva jelentkezik.



1.5.Sz53. ábra: A cement hidratációja során az amorf kvarc szilícium-tetraoxid térhálójába kalcium-ionok épülnek be (Eichler, 1991)

A szilikapor-tartalmú beton belső fajlagos felülete az eredetinek többszöröse, ezért a szilikaporos betonban az adalékanyagot, cementet és szilikaport bevonó vízréteg a szokásosnál sokkal vékonyabb, és a belső *van der Waals* erők nagyobbak. Emiatt a szilikapor-tartalmú beton konzisztenciája a szokásos területi mértékkel vagy roszakási mértékkel nem fejezhető ki. A friss beton ragadós lesz, földnedvesbe hajló konzisztenciáját folyósító adalékszerrel kell javítani, keverésének energiaigénye nagyobb és módszere választékos. Nagyhatású folyósítószerrel a víz molekulákat összetartó dipól²¹⁰ erőkre lehet hatni, a belső kohézió lecsökkenthető, és a szokásos konzisztencia mérő módszerek újra alkalmazhatók, végül szilikapor-tartalmú beton jól bedolgozható.

A szilikapor javítja a beton szulfát- és kloridállóságát, és akár feleslegessé is teheti a szulfátálló cement alkalmazását; csökkenti a beton vízáteresztő-képességét; növeli a beton tapadóképeségét az acélbetétekhez és az alapréteghez. A CEM III/A kohósalakcement és szilikapor kiegészítőanyag a legjobb kombináció a klorid-behatolással szemben.

Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy a szilikapor-tartalmú betonnak kisebb a kloridion megkötő képessége, mint a szilikapor nélküli betoné, mert a szilikapor csökkenti a beton pH-át (Kopecskó et al., 2006, 2008).

Az utókezelés nélküli szilikaporos beton zsugorodása az utókezelt szilikapor nélküli betonénak másfél- kétszerese is lehet, ezért a szilikaporos beton utókezelése, amely ezt a különbséget jelentősen csökkentheti, igen fontos. A szilikapor-tartalom általában növeli a beton rugalmassági modulusát (részben a nagyobb nyomószilárdság következtében), és csökkenti a beton kúszását. Szilikaporról finomsága, pórus kitöltő képessége és puccolános szilárdulása folytán nagyon tömör és nagyon nagy szilárdságú betonok készíthetők. A nagy testsűrűség,

²¹⁰ Dipól, dipólus jelentése: Lét egyenlő nagy, de ellentétes előjelű, egymás közelében elhelyezkedő pontszerű elektromos töltésből vagy mágneses pólusból álló rendszer (Bakos szerk., 1973).

nyomószilárdság, rugalmassági modulus és a viszonylag kis kúszás növeli a beton ridegségét és repedés érzékenységét. A szövetszerkezet szívóssá tehető, a repedésérzékenység csökkenthető, ha a szilikaporos betonhoz erősítőszálat keverünk.

A szilikapor adagolású beton előnyösen alkalmazható szálerősítésű betonok, nagyszilárdságú betonok (C55/67 – C100/115; LC55/60 – LC80/88), ultra nagy szilárdságú betonok (nyomószilárdsága 150 – 300 N/mm²), előregyártott vasbeton elemek (például tübbingek és egyéb mélyépítési elemek, pörgetett elemek), feszített vasbeton elemek, vizes vagy száraz eljárású lött- (lőveltt) betonok, agresszív hatásoknak ellenálló betonok, szivattyús betonok készítéséhez, de nem szabad alkalmazni feszítőkábelek burkolócsövének injektálására.

Megjegyezzük, a szakirodalomban találhatók utalások arra, hogy a szilikapor több kedvező hatása több éves betonokban már nem érvényesül úgy, mint ahogy a beton 1-2 éves kora előtt mutatkozott.

Az erős puccolános reakció folytán nagy szilikapor-tartalom esetén a pórus víz – az acélbetét korrózióvédelméhez szükséges – lúgossága a megengedettnél jobban csökken, ezért vasbetonban és feszített vasbetonban a szilikapor megengedett adagolása a cement tömegére vetítve CEM I fajtájú cement esetén legfeljebb 11 tömeg% (MSZ 4798:2016).

Az MSZ 4798:2016 szabvány a „víz/(cement + $k \times$ kiegészítőanyag) tényező” alkalmazásával megengedi a II. típusú (aktív) kiegészítőanyagok számításbavételét a víz-cement tényező hányadosának nevezőjében. Szilikapor alkalmazása esetén az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.5.2.3. szakasza szerint, ha szilikapor/cement tömegarány legfeljebb 0,11, akkor a „víz/(cement + $k \times$ szilikapor) tényező” módosított víz-cement tényező összefüggésben szereplő „ k -érték” $k = 2,0$, de a 0,45 értéknél nagyobb víz-cement tényezővel készülő XC és XF környezeti osztályú betonok esetén csak $k = 1,0$. A (cement + $k \times$ szilikapor) mennyisége nem lehet kevesebb, mint a környezeti osztályban előírt legkisebb cementtartalom. Ha a megengedett legkisebb cementtartalom $\leq 300 \text{ kg/m}^3$, akkor szilikapor kiegészítőanyag alkalmazása esetén a cementtartalmat legfeljebb 30 kg/m^3 értékkel szabad csökkenteni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.5.3. szakasza más cement és kiegészítőanyag kombinációkban is megengedi a legkisebb cementtartalomra és a legnagyobb víz-cement tényezőre vonatkozó követelmények módosítását, ha a beton egyenértékűségét bizonyítják.

A mikroszilikánál is finomabb a nanoszilika, amely mesterségesen előállított, igen finom és nagy tisztaságú amorf kovasav. A nanoszilika szilícium-dioxid-tartalma közel 100 tömeg%, átlagos szemnagysága a szilikapor szemnagyságának mintegy tizede, mintegy 15 nm ($\sim 0,015 \mu\text{m}$). BET szerinti fajlagos felülete mintegy $180 - 230 \text{ m}^2/\text{g}$, tehát a szilikaporénak mintegy tízszerese.

Forrás és ajánlott irodalom: Kausay (2013)

Lásd még: Adszorpciós víz, Fajlagos felület, Kiegészítőanyagok, Kúszás, Mellékvegyértékkötés, Nanoszilika, van der Waals erők

Szilikatégla

A szilikatégla 1-3 tömeg% mésszel kötött, majdnem tisztán kristályos szilícium-oxidból álló savas jellegű tűzálló építőanyag. A szilikatégla nyersanyagául azok a kvarcitok felelnek meg leginkább, amelyek $1400-1450^\circ\text{C}$ hőmérsékleten nem esnek szét. A szilikatégla az olvasztó- és hevítőkemencék anyaga, de alkalmazási területe a samott-téglénál jóval kisebb (Palotás et al., 1980).

Lásd még: Acélgyártás, Samott-tégla

Szilikát-modulus

A *Kühl* (1913) bevezette SM szilikát-modulus a cementklinker szilikátos és nem szilikátos oxidjainak tömegarányát fejezi ki (*Forsén*, 1935), (*Keil*, 1971):

$$SM = \frac{c(\text{SiO}_2)}{c(\text{Al}_2\text{O}_3) + c(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

A portlandcementek szilikát-modulusa: $1,8 < SM < 2,8$.

Az SM szilikát-modulus növelése a cement kötési idejének meghosszabbodásával és – tekintve, hogy a cement szilárdságának fő hordozója a szilikátos fázis – a cementszilárdság növekedésével jár. (*Riesz szerk.*, 1989]

Lásd még: Aluminát-modulus, Mésztelítési tényező, Mész-standard, *Michaelis*-féle hidraulikus modulus

Szilikátok

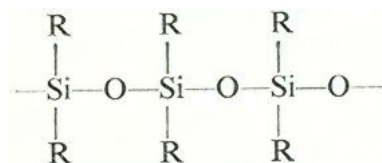
A szilikátok a kovasav sói (például nátrium-szilikát, Na_2SiO_3)

Lásd még: Kovasav

Szilikonok

A szilikonok (szerves polisziloxánok vagy poli-organosziloxánok) szintetikus polimerek egyik terjedelmes csoportja, amelyek molekulaláncbaiban szilíciumatomok oxigénatomokon át kapcsolódnak össze, és a szilíciumatomok két másik vegyértékéhez szénhidrogén-csoportok (többnyire metil-, ritkábban etil-, propil-, fenil- stb. csoportok) kötődnek.

A szilikonok vázlatos képlete: $(\text{R}_2\text{SiO})_n$:



A szilikonok egyrészt polimerek, másrészt szilícium-oxigén kötések tartalmazzák, mint a szilikátok, harmadrészt szénhidrogén-csoportokat tartalmazzák, tehát egyúttal szerves szilíciumvegyületek, így közbülső helyzetet foglalnak el a szervetlen és a szerves vegyületek, nevezetesen a szilikátok és a szerves polimerek között (*Neumüller szerk.*, 4. kötet, 1984).

A szilikonok amorf szerkezetűek, általában 180-200 °C hőmérsékletig igen hőállóak, hidrofóbok (víztaszítók). Alaptípusai a következők:

A *szilikonolajok* többnyire átlátszó, színtelen, semleges, szagmentes, hidrofób, kis móltömegű folyadékok. Mintegy +250 °C hőmérsékletig hőállóak, -60 °C hőmérsékletig nem sűrűsödnek, viszkozitásuk alig függ a hőmérséklettől. A szilikonolajok litiumszappannal és koloid kovasavval töltött változata a *szilikonzsír*.

A *szilikongyanták* térhálós szerkezetűek, viszonylag ridegek, és mérsékelten hőállóak. Rendszerint üvegrosttal, csillámmal töltve sajtoltják.

A *szilikonkaucsukok* gumiszerűen rugalmas, igen nagy nyúlóképességű, nagy móltömegű, lineáris szerkezetű anyagok. -60 °C és +250 °C hőmérséklet között használhatók. Töltőanyaguk az aerosil. Nedvesség-, ózon-, fény-, hőállóságuk kiváló. Oldószer- és olajállóságuk általában gyenge, az erős savak és lúgok, valamint a gőzök megtámadják (*Palotás – Balázs*, 1980).

Lásd még: Műanyagok, Polimerek, Műgyanták, Termoplasztok

Szinterezés

A szinterezés angol eredetű szó (sintering), németül: Sinterung; jelentése: zsugoröntés; eljárás formadaraboknak finomszemcsés, por alakú anyagokból való előállítására

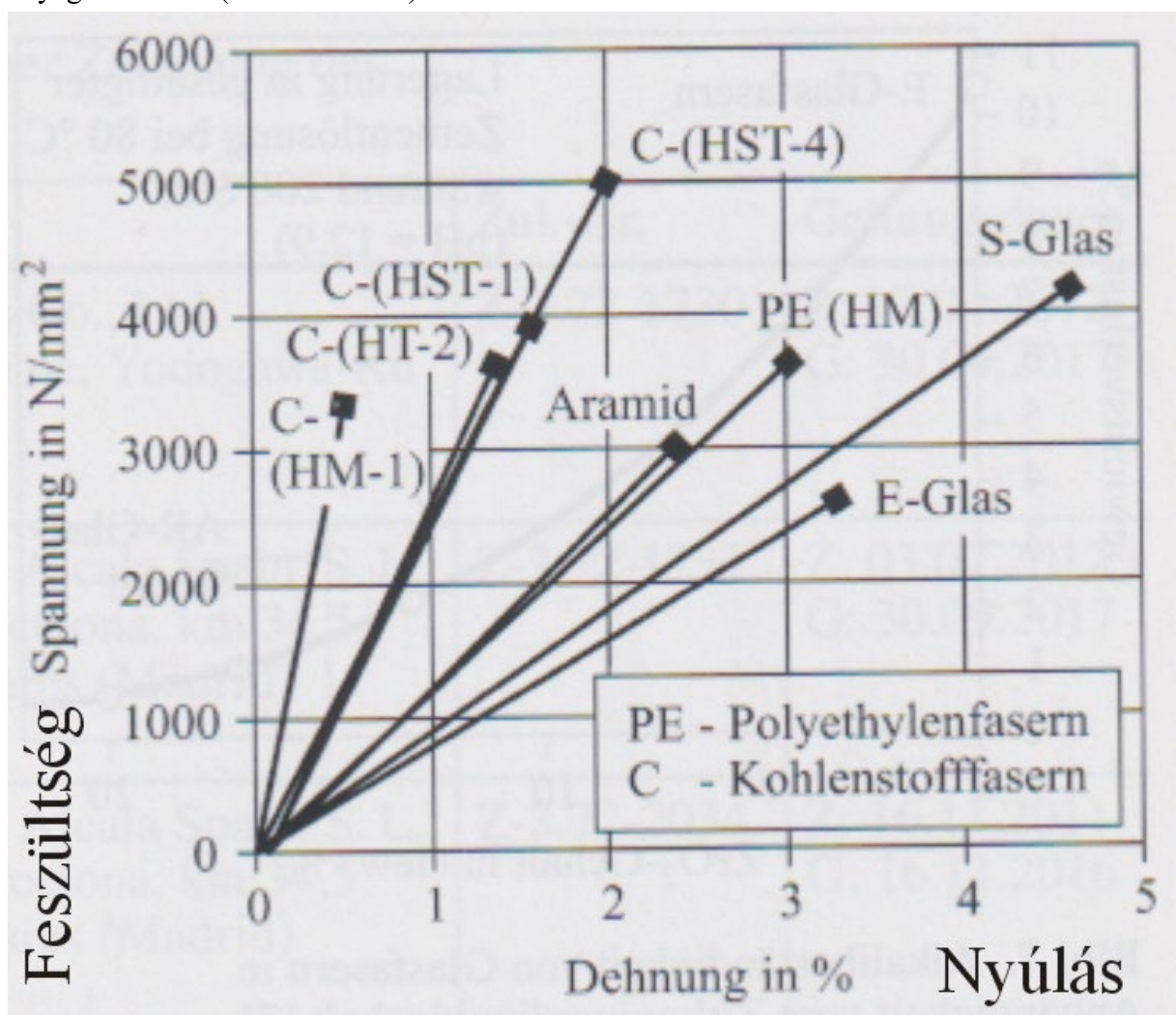
Lásd: Frittelés, Zsugorítás

Szintetikus erősítőszálak

A szálerősítésű betonok készítéséhez használt szintetikus erősítőszálak (mesterségesen gyártott szálak) a következők (Holschemacher et al., 2017):

- *szervetlen* alapanyagokból készült szintetikus szálak (üvegszálak);
- természetes és mesterséges *szerves* alapanyagokból készült szintetikus szálak (polimer szálak, szénszálak).

Az egyes szintetikus szálak kémiai és mechanikai tulajdonságai általában nagyon eltérőek, azonban szinte minden szintetikus szálban közös a szakadásig (törésig) a lineárisan rugalmas anyagviselkedés (1.5.Sz54. ábra).



1.5.Sz54. ábra: A szintetikus erősítőszálak feszültség-alakváltozási diagramja (Holschemacher et al., 2017)

Lásd még: Polimerszálak, Szénszáltexil, Üvegszáltexil, Textil

Szitanyílások (lyukak) száma

Angolul: Mesh size, németül: Maschen je Zoll

A szitanyílások száma alatt az amerikai *Tyler*-féle szitasorozat alapján az 1 coll = 1 inch (USA) $\cong$ 25,4 mm hosszúságra eső lyukak számát értjük, ha a lyukhálózat mérete: lyukbőség + acélhuzal-átmérő. Például az inchenként 9 darab lyukat tartalmazó *Tyler*-szita lyukbősége $\sim$ 2 mm, a 18 darab lyukat tartalmazó $\sim$ 1 mm, a 20 darab lyukat tartalmazó $\sim$ 0,833 mm, a 30 darab lyukat tartalmazó $\sim$ 0,528 mm, a 100 darab lyukat tartalmazó $\sim$ 0,147 mm, a 200 darab lyukat tartalmazó $\sim$ 0,074 mm (*1.5.Sz10. táblázat*).

Másrészt a szabványos *Tyler*-skála alapját a 0,0029 inch = 0,074 mm lyukbőségű, 200 lyukszámú szita képezi.

1.5.Sz10. táblázat: Összefüggés a sziták 1 inch (25,4 mm) hosszúságra eső lyukainak száma és a lyukbőség között különböző előírásokban (*Nash, 1997*)

Mesh Size ^a	Equation	Screen Opening ^b (mm)			
		U.S. Stand.	Tyler	USP	Br. Stand.
2	9.95	9.52	—	9.50	—
4	4.75	4.76	4.70	4.75	4.00
8	2.27	2.38	2.36	2.36	2.00
12	1.47	1.68	1.40	1.70	1.40
16	1.08	1.19	0.991	1.18	1.00
20	0.855	0.840	0.833	0.850	—
30	0.555	0.590	—	0.600	0.500
40	0.408	0.420	—	0.425	—
60	0.265	0.250	0.246	0.250	0.250
80	0.195	0.177	0.175	0.180	—
100	0.154	0.149	0.147	0.150	0.150
200	0.073	0.074	0.074	0.075	0.075
325	0.044	0.044	0.043	0.045	—
400	0.035	0.037	0.038	0.038	0.038

Magyarázat az *1.5.Sz10. táblázat* fejlécéhez:

a) Mesh Size = A szita jele, azaz az 1 inch hosszúságra eső lyukak száma, darab
Equation = A lyukak számának megfelelő lyukbőség, mm

b) Lyukbőség mm-ben az

U.S. Stand. = United States Bureau of Standards szerint,

Tyler = *Tyler*-skála szerint,

USP = United States Pharmacopoeia 23, USP-egyezmény, Rockville, p. 1823 szerint
(megfelel az ASTM E11-70 és ISO 565 szabványoknak is)

Br. Stand. = British Standards Institution szerint

Lásd még: *Tyler*-féle szitasorozat

Szívósság betonacélok esetén

Lásd: Acél szívóssága

Szívósság betonok esetén

Angolul: Toughness

Németül: Zähigkeit

A szívósság általában az anyagok átalakítással, repedéssel vagy töréssel szembeni ellenállása mértékének a kifejezője. A jelenség képlékeny alakváltozás mellett energia-felvétellel jár, ezért egyrészt jellemezhető az erő – elmozdulás diagram alatti területtel (mértékegysége: $N \cdot m = \text{joule}$), másrészt függ a vizsgáló berendezés (terhelő rendszer) jellemzőitől és a próbatest geometriájától. A szálerősítésű beton szívósságán lényegében azt értjük, hogy a beton erőhatásra történő tönkremenetele (az első repedés megjelenése) után az erősítőszálak hatására, nagy alakváltozások mellett, további erők felvételére képes.

A szívóssággal ellentétes fogalom a ridegség (angolul: brittleness, németül: Sprödigkeit).

Szívóssági index szálerősítésű betonok esetén

A szívóssági index a szálerősítésű beton szívósságának kifejezője, amely a lehajlás-hajlítóerő görbén az adott lehajlásig terjedő görbe alatti terület és az első repedésig terjedő görbe alatti terület hányadosa (ASTM C 1018:1989).

Szkleroszkóp, Scleroscope

Keményység, keményedés görögül: Sclero

Az elsőnek tekinthető, a fémek helyszíni keménységvizsgálatára ma is alkalmazott rendszerű hordozható keménységmérő eszköz a visszapattanásos szkleroszkóp. A szkleroszkóp – szemben a durométerrel vagy a *Poldi*-kalapáccsal – a vizsgálati anyagon nem hagy nyomot, nem okoz benyomódást, ezért nem csak beépített, sérüléstől óvott, vízszintes felületű szerkezeti acélok, hanem vizsgáló berendezések alkatrészeinek, például a *Böhme*-féle koptatógép öntöttvas koptatótárcsája keménységének ellenőrzésére is jól alkalmazható.

A szkleroszkóp (Scleroscope) megalkotása a szkleroszkóp-skálával együtt – még, ha alkotótársai voltak is – *A. F. Shore*²¹¹ nevéhez fűződik. (1.5.Sz55. és 1.5.Sz56. ábra). A szkleroszkópot *A. F. Shore* 1906-ban találta fel, azt először 1907-ben hozták forgalomba, és először 1910-ben nyert szabadalmi oltalmat az USA-ban, ahogy azt a „1915 - 2015: 100 Years of Shore A Hardness Testing” című tanulmányban olvashatjuk (https://www.o-ring-prueflabor.de/files/expert_knowledge_-_100_years_of_shore_a_.pdf).

²¹¹ *Albert Ferdinand Shore* (1876-1936) amerikai feltaláló, a szkleroszkóp (Scleroscope) és a durométer megalkotója, a *Shore*-skála létrehozója. *Albert F. Shore* családtagjaival 1899 és 1934 között több mint harminc szabadalmat adott be. (https://www.o-ring-prueflabor.de/files/expert_knowledge_-_100_years_of_shore_a_.pdf)

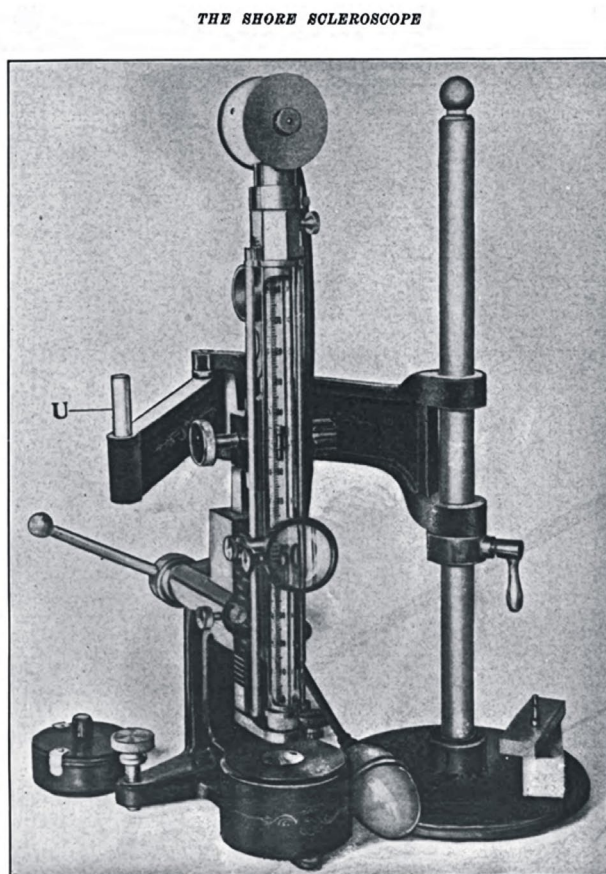


FIGURE 1.

The Scleroscope Testing Set. (Hard wood case not shown.)

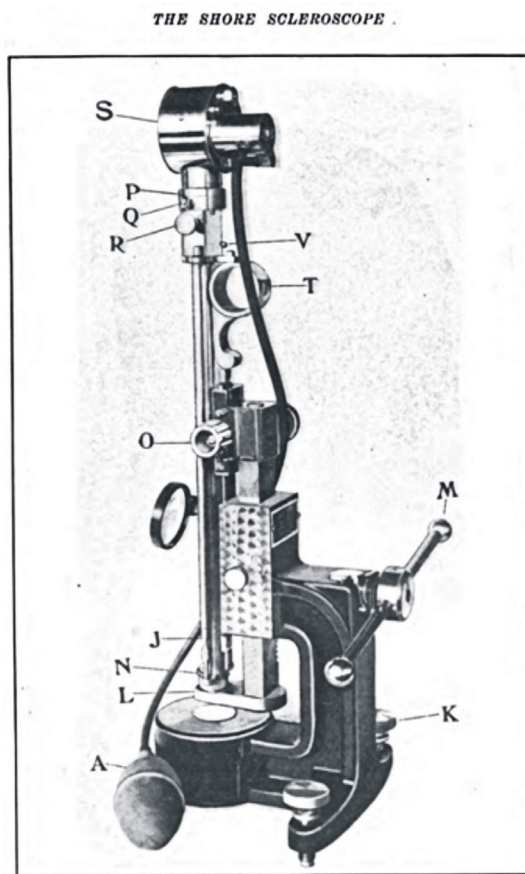


FIGURE 2.

Side view.

1.5.Sz55. ábra: A szkleroszkóp képe a „The Shore Scleroscope. Fourth Edition. Shore Instrument & Mfg. Co. New York, August, 1910” kiadványban. A füzet borítóján olvasható, hogy azt nagyrészt *Albert F. Shore* ASTM-beadványai alapján írták.

A *Brinell*-keménység a *Scleroscope*-keménység hatszorosa, olvasható a „The Shore Scleroscope. Fourth Edition. Shore Instrument & Mfg. Co. New York, August, 1910” kiadvány 62. oldalán (<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044091972851;view=1up;seq=23>).

Az ASTM E 140-12b:2013 szabványban található táblázatok és egyenletek segítségével a különféle acélok és a keményfémek *Brinell*-, *Vickers*-, *Rockwell*-, *Knoop*-, *Scleroscope*- és *Leeb*-keménységértékei egymásba átszámíthatók. Az ASTM E 140-12b:2013 szabvány nem ausztenites acélokra vonatkozó 1. táblázatában szereplő összetartozó, ($SC = 34,2 - HB = 226 \text{ kp/mm}^2$) és ($SC = 67,9 - HB = 500 \text{ kp/mm}^2$) közötti *SC Scleroscope*-keménység és *HB Brinell*-keménység értékeket az *SC-HB* koordináta-rendszerbe felhordva, és azokra regressziós egyenest fektetve azt kapjuk, hogy az egyenes képlete:

$$HB \left[\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2} \right] = 8,125 \times SC - 55,01 \quad \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2},$$

az egyenes korrelációs együtthatója négyzetének értéke pedig $R^2 = 0,9995$, feltéve, hogy a *Scleroscope*-keménységet az ASTM E 448:1982 (2002) szabvány és a *Brinell*-keménységet 10 mm átmérőjű acélgolyóval és 3000 kp ~ 30 kN (1 kp = 9,81 N) nyomóerővel az ASTM E 10:2015 szabvány (vagy MSZ EN ISO 6506-1:2014) szerint vizsgáljuk. A 10 mm átmérőjű acélgolyóval és 3000 kp ~ 30 kN nyomóerővel meghatározott *Brinell*-keménység jele: *HBS* (*S* = standard). Megjegyzés: Ha a vizsgálati golyó anyaga volfrám-karbid (WC), akkor a *Brinell*-keménység jele: *HBW*.

SCLEROSCOPE HARDNESS. SCALE.

NAME OF METAL.	ANNEALED.	HAMMERED.
Lead (cast)	2— 5	3— 7
Babbitt Metal	4— 9	
Gold	5	8½
Silver	6½	20—30
Brass (cast)	7—35	
Pure Tin (cast)	8	12
Brass (drawn)	10—15	20—45
Bismuth (cast)	9	
Platinum	10	17
Copper (cast)	6	14—20
Zinc (cast)	8	20
Iron (pure)	18	25—30
Mild steel, 0.15 Carbon	22	30—45
Nickel Annode (cast)	31	55
Iron, gray (cast)	30—45	
Iron, gray (chilled)		50—90
Steel, Tool, 1% Carbon	30—35	40—50
Steel, Tool 1.65% Carbon	35—40	
Vanadium Steel	35—45	
Chrome—Nickel	47	
Chrome—Nickel (hardened)		60—95
Steel, High Speed (hardened)		70—105
Steel, Carbon, Tool (hardened)		90—110

<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044091972851;view=lup;seq=23>

1.5.Sz56. ábra: A szkleroszkóp keménységi skála a „The Shore Scleroscope. Fourth Edition. Shore Instrument & Mfg. Co. New York, August, 1910” kiadványban, amelyet nagyrészt *Albert F. Shore* ASTM-beadványai alapján írtak

A kaucsuk és az elasztomerek *Shore*-keménységének nem a visszapattanásos szkleroszkóppal, hanem a durométerrel végzendő vizsgálatával a visszavont DIN 53505:2000 szabványban foglalkoztak, amelyet a DIN ISO 7619-1:2012, majd azt a DIN ISO 48-4:2021 szabvány váltotta fel.

A *Shore*-féle szkleroszkóp (Scleroscope) feltalálásáról *Bermann Miksa* 1910 januárjában a *Kazán- és Gép-Ujságban* (1.5.Sz57. ábra), a szkleroszkóppal végzett kísérleteiről *Terény János* 1920 februárjában a *Bányászati és Kohászati Lapok* hasábjain számolt be (1.5.Sz58. ábra).

IX. évfolyam. 2. szám. 1910. január 16.

KAZÁN- ÉS GÉP-UJSÁG

Szerkesztőség: Budapest, VI., Andrássy-ut 72.
TELEFON 157-80.
Kiadóhivatal: Budapest, VI., Rózsá-utca 62.
TELEFON 53-48.

Szerkesztik: **PFEIFER IGNÁC és PÉTER JENŐ**
műgy. nyilv.rk. tanár. mérnök.
Főmunkatárs: **BERMANN MIKSA**
államvasuti főmérnök.

... Megjelen ...
minden hó 1-én és 16-án.
—o—
Előfizetési ára egész évre 6 korona.
Színes borítékkal, jobb papíron 8 korona.

A skleroskop.

Eredeti közlemény. Irta: *Bermann Miksa.* Utánnyomás tilos.

A skleroskop F. Shore találmánya és keménységet megállapító műszert jelent. Lényegében nem más mint egy körülbelül 2 grm, súlyu, gyémánthegeyü aczélszög, melyet bizonyos állandó magasságról a keménységére nézve megvizsgálandó anyag sima felületére ejtenek és ennek visszapattanási magassága jelzi, bizonyos beosztott léptéken a keménységi számot.

Mennél nagyobb a visszapattanás magassága, annál keményebb az illető anyag. Ezen szabály nem általános érvényű, mert hiszen nemcsak a keménység, hanem az anyag rugalmassága is lényegesen befolyásolja a visszapattanás magasságát.

1.5.Sz57. ábra: Híradás a Shore-féle skleroskop feltalálásáról (Bermann, 1910). Forrás: <https://adt.arcanum.com/hu/>

Vonatkozások az acéltanyagok keménysége és belső tulajdonságaik közt.

(Kísérletek a Shore-féle skleroskoppal.)

Irta: TERÉNY JÁNOS okl. mérnök, magyar állami vasgyári főfelügyelő.

Az acélt gyártó és feldolgozó műhelyekben régóta híjával vannak egy oly eszköznek, melylyel az acél tulajdonságait és azok változását kezelése közben gyorsan és mégis elegendő pontossággal megfigyelni lehessen.

E célt jól szolgálják a keménységi próbák, de mivel az eddigi eljárások (golyós próba, karcoló próba stb.) pontos utánméréseket követelnek s miattok a vizsgálandó tárgyat többnyire használhatatlanná kell tenni, a műhelyekben nem igen tudtak ezen eljárások kiterjedtebb alkalmazásra szert tenni.

Legújabb H. F. Shore és P. Heroult egy oly műszert szerkesztettek, mely bár régebb¹ gondolat alapján, de új, tökéletesített szerkezettel, meglepő egyszerűen igyekszik ezen kérdést megoldani.

Alapgondolata az, hogy a vizsgálandó tárgy felületére egy zárt csőben állandó magasságból egy gyémánthegyű acélhengerkét ejtünk le, mely a tárgyról vissza-

pattanva, annak keménysége szerint különböző magasságra ugrik vissza. A visszaugrás magassága, mely egy léptéken szabad szemmel leolvasható, közvetlenül adja a vizsgálandó anyagnak keménységét.

LIII. évfolyam. I. kötet.

3—4. szám.

Budapest, 1920 február 15.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK



A MAGYAR BÁNYÁSZATI FŐISKOLA, AZ ORSZ.
M. BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
ÉS A MAGYAR BÁNYA-ÉSKOHÓVÁLLALATOK
EGYESÜLETÉNEK HIVATALOS LAPJA.

¹ Ugyanezen gondolatot alapszik ugyanis a Norma Co. régebbi műszere, mely azonban ingás szerkezetű volt.

1.5.Sz58. ábra: Híradás a Shore-féle szkleroszkóppal végzett első keménységmérési kísérletekről (Terény, 1920). Forrás: <https://adt.arcanum.com/hu/>. Megjegyzés: A H. F. Shore névben a H. rövidítés elírás lehet, mert a szkleroszkópot Albert Ferdinánd Shore alkotásának tartják.

Megemlítjük, hogy azt a fajta visszapattanásos Shore-féle keménységmérőt, amelynek a visszapattanó ejtőkalapácsot a legmagasabb helyzetben megfogó szerkezete van, szkleroszkópnak (Skleroskop-nak) is szokták nevezni, illetve nevezték régebben.

Lásd még: Ásványok keménysége, Durométer, Gumi, Kaucsuk, Keménység

<http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>

Szol

A szol kolloidális oldatok neve, amelyekben egy szilárd vagy folyékony anyag, igen finom eloszlásban, egy szilárd, folyékony vagy gáznemű közegben diszpergált állapotban van. Gáznemű diszperziós közeg esetében aeroszlokról, vizes közeg esetében hidroszlokról beszélünk. A szolok koagulálással (a részecskék kicsapódásával, tömörülésével, összetapadásával) gélekké alakulnak. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984).

Lásd még: Diszperzió, Gél, Kolloidok

Szolvatáció

Lásd: Hidratáció

Szórás

Angolul: Standard deviation

Németül: Standardabweichung

A valószínűségi változó értéke (ξ) és várható értéke ($M(\xi)$ vagy m) közötti eltérés ²¹² négyzetének várható értékéből vont négyzetgyök. Az elméleti szórás képlete (Vincze E. 1972):

$$D(\xi) = \sigma = \sqrt{M((M(\xi) - \xi)^2)} = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} (x - v_1)^2 \times f(x) \times dx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m - \xi_i)^2}{n}}$$

Az elméleti szórás számításának feltétele, hogy $n \rightarrow \infty$.

Ha az elméleti szórás számításának feltétele nem teljesül, mint ahogy a mérnöki gyakorlatban általában, akkor a vizsgálati eredmények szórását a korrigált tapasztalati (empirikus) szórás (például: s vagy s_{n-1}) összefüggésével határozzuk meg. Ha a független változókat például x_i , azok átlagát $\bar{x}$ jellel jelöljük és a vizsgálati eredmények száma n , akkor a *korrigált tapasztalati szórás* összefüggése:

$$s = s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

tehát a $\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2$ hibanégyzetösszeget, a szórás számításával ellentétben nem n , hanem $n - 1$ értékkel kell osztani, majd a kapott hányadosból, – amelyet varianciának nevezünk – négyzetgyök vonandó.

A korrigált tapasztalati szórás a variancia négyzetgyöke.

A szórás mértékegysége megegyezik a valószínűségi változó mértékegységével, például nyomószilárdság esetén: N/mm² vagy MPa

Lásd még: Szabadságfok, Tapasztalati szórás, Ismeretlen relatív szórás, Ismert relatív szórás, Korrigált tapasztalati szórás, Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása, Variancia, Hiba és hibanégyzetösszeg

Szórásnégyzet

Angolul: Variance

Németül: Varianz

A szórásnégyzet a szórás négyzete, amelyet varianciának is neveznek.

Lásd még: Szórás

Szórás számításba vehető legkisebb értéke

A beton-nyomószilárdság jellemző értékének számításához a szabványok általában előírják a tapasztalati szórás számításba vehető legkisebb értékét. Ez az $s_{\min}$ érték a szabványok változásával többször változott:

Az MSZ 4715:1955 szabványban nem adták meg a szórás számításba vehető legkisebb értékét, hanem a vizsgálati eredmények terjedelmét, illetve annak felét korlátozták: a szélső törési eredmények az átlagos törőerőtől legfeljebb 15%-kal térhettek el.

MSZ 4720-2:1980 szabvány 3.5.4., illetve 3.5.6. szakasza szerint a 150 mm méretű, vegyesen tárolt, 28 napos próbakockák esetén a nyomószilárdság mind „ismert”, mind „ismeretlen” szórásának számításba vehető legkisebb értéke $s_{\min, \text{cube}, H} = 2,0 \text{ N/mm}^2$ volt.

²¹² Amit a szórás esetén „eltérés”-nek hívunk, azt a regresszió számításnál „hibá”-nak nevezzük.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványban előírták, hogy ha a nyomószilárdság s_n szórása az utolsó 15 vagy több vizsgálati eredményből számítva a korábban, 35 vizsgálati eredményből számított szórás bizonyos hányadánál nagyobb, akkor meg kell növelni a mintavétel gyakoriságát a következő 35 vizsgálati eredmény meghatározásához.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt betonpróbatestek nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke: ha a beton nyomószilárdsági osztálya $\leq C50/60$, akkor $\sigma_{\text{test,min}} = 3,0 \text{ N/mm}^2$; ha a beton nyomószilárdsági osztálya $\geq C55/67$, akkor $\sigma_{\text{test,min}} = 5,0 \text{ N/mm}^2$. Ha a 150 mm élhosszúságú próbakockákat vegyesen tárolják, akkor a szórás számításba vehető legkisebb értéke $\leq C50/60$ esetén $\sigma_{\text{test,min}} = 3,3 \text{ N/mm}^2$ és $\geq C55/67$ esetén $\sigma_{\text{test,min}} = 5,3 \text{ N/mm}^2$.

Szterikus gátlás, térbeli akadályozottság, szterikus taszítás

Angolul: Steric hindrance

Németül: Sterische Hinderung, Räumliche Hinderung, Sterische Wechselwirkung, Sterische Abstoßung

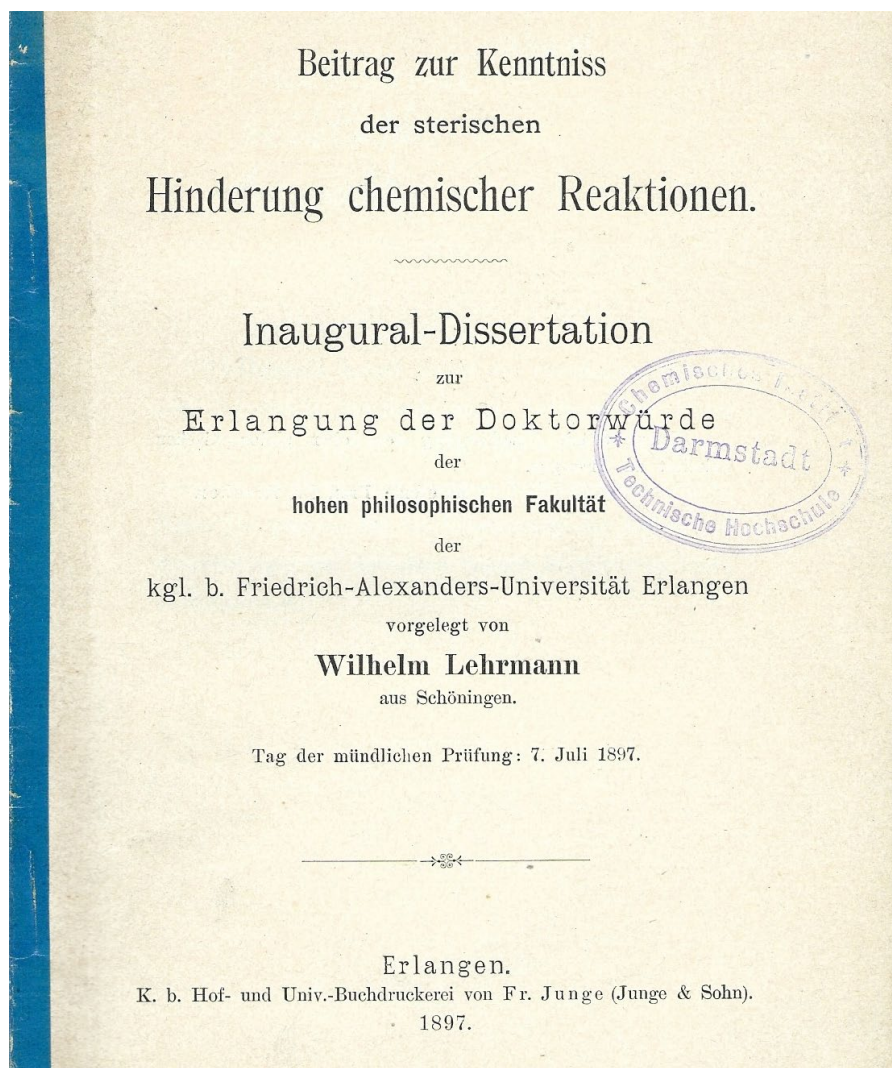
A szterikus gátlás során a reakció sebessége csökken a reakcióban résztvevő molekulák térigényének növelésével.

A szterikus gátlás (térbeli akadályozottság) annak a kémiai jelenségnek a megnevezése, hogy egy egyébként könnyen lezajló kémiai reakciót a reagáló atomok környezetében lévő, térkitöltő csoportok jelenléte lelassítja vagy akár meg is akadályozza. A szterikus gátlással a sztereokémia, a kémia azon részterülete foglalkozik, amely a molekulák térbeli, azaz háromdimenziós szerkezetét, az atomok és atomcsoportok távolságát és a kötésszögeket tanulmányozza (*Neumüller szerk.*, 4. kötet, 1984).

A szterikus gátlás megnevezést először a karboxilcsoport (-COOH) kémiai reakcióinak akadályozottságát kutató *Victor Meyer*²¹³ használta 1894-ben. Rá három évre, 1897-ben *Wilhelm Lehrmann*²¹⁴ ilyen tárgyú doktori értekezést (*I.5.Sz59. ábra*) nyújtott be az erlangeni királyi egyetem filozófiai karára (Philosophische Fakultät der kgl. b. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen) „Beitrag zur Kenntniss der sterischen Hinderung chemischer Reaktionen” (Adalékok a kémiai reakciók szterikus gátlásának ismeretéhez) címmel. *Wilhelm Lehrmann* az értekezésben azt vizsgálta, hogy az anilin-fenilcsoport (C₆H₅NH₂) kémiai reakcióit az orto-helyzetbe beépülő különféle atomcsoportok (szubsztituensek) milyen mértékben befolyásolják, korlátozzák. (*Lehrmann*, 1897)

²¹³ *Victor Meyer* (1848 – 1897) a kémia professzora Stuttgartban, Zürichben Göttingenben és Heidelbergben (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983).

²¹⁴ *Wilhelm Lehrmann* (1869, Schöningen, annak idején Braunschweig hercegség – 1940, Braunschweig, Alsó-Szászország) Dr. Phil., gyógyszerész, gyógyszerár tulajdonos. Felsőfokú tanulmányait 1887-től a Braunschweigi Műszaki Főiskolán (Technische Hochschule Braunschweig), a Münchener Egyetemen (Universität München) és az Erlangeri Egyetemen (Universität Erlangen) végezte. (<https://www.braunschweig.de/leben/stadtportraet/geschichte/stadtchronik.php?id4=1940>)

**1.5.Sz59. ábra:**

W. Lehrmann
 „Adalékok a kémiai reakciók sterikus gátlásának ismeretéhez” című, az egyetemi doktori fokozat elnyeréséhez benyújtott értekezése különlenyomatának címlapja. Erlangen, 1897.

A polimerek szerkezete kulcsfontosságú a folyósítószerrek folyósító hatása szempontjából. A cement alapú szuszpenzió cseppfolyósító képességét az elektrosztatikus és szterikus taszítás miatti diszpergáló hatás mellett az adszorpciós tulajdonságok is befolyásolják. A szterikus taszítás erősségét és az adszorpciós képességet a fő- és oldalláncok hossza, valamint az oldalláncok és karboxilát-csoportok anionos töltéssűrűsége szabályozza. (Lowke, 2013)

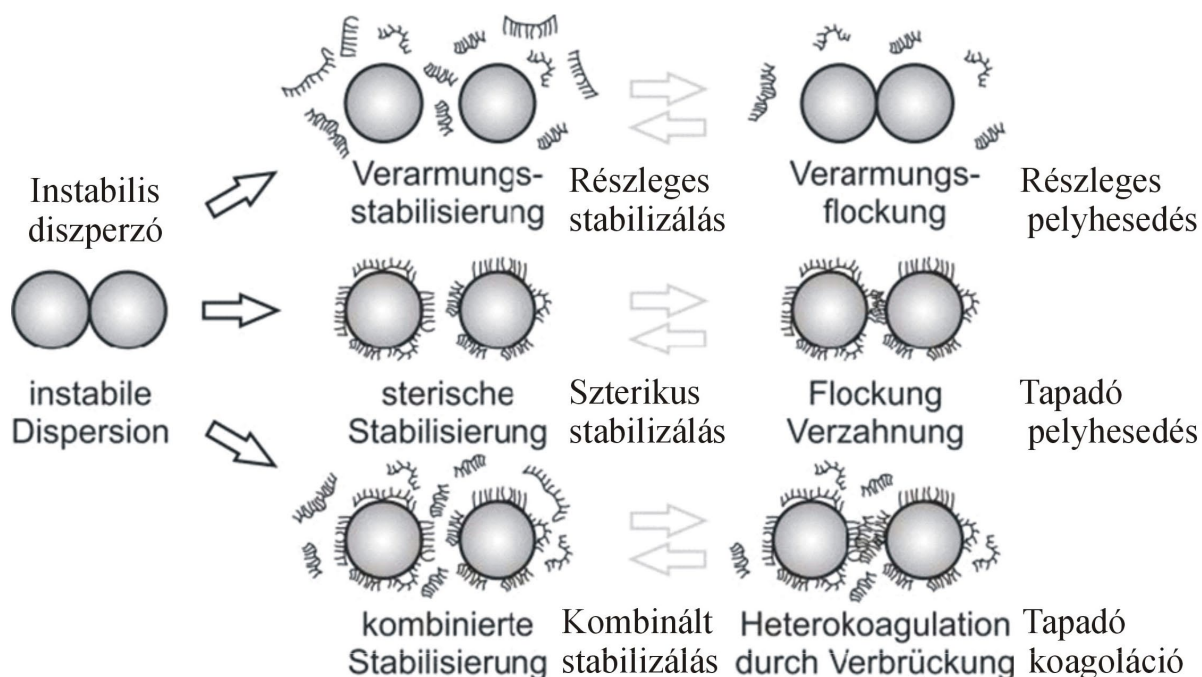
A kolloid szuszpenziókban lévő polimerek elvileg vagy a részecskék felületén adszorbeálva vagy oldatban lehetnek jelen. A polimerek jelenléte számos módon befolyásolhatja a részecskék diszperziós fokát. Ha a polimerek kellően adszorbeáltak egy jó oldószerben, akkor a szuszpenzió szterikus stabilizálódása feltételezhető. A kolloid diszperziók rendszere akkor stabilis, ha a részecskék diszpergáltak, azaz nem koaguláltak. Az erősen koncentrált szuszpenziók, például a cementpépek esetében ezt makroszkopikus folyósítás kíséri, így gyakorlatban a stabilizálás fogalma a folyósítással azonosítható. (Lowke, 2013)

Ha a szuszpenzióban kellően nagy koncentrációban vannak nem adszorbeált polimerek, akkor a stabilizáció úgynevezett elszegényesedő, kimerülő hatások (németül: Verarmungseffekt) mellett is bekövetkezhet (részleges stabilizálás, németül: Verarmungsstabilisierung és kombinált stabilizálás, németül: kombinierte Stabilisierung). Elvileg az is előfordulhat (1.5.Sz60. ábra), hogy az adszorbeált és az oldatban maradt polimerek együttes jelenléte a szuszpenzió destabilizálódásához vezet flokkuláció (pelyhesedés, németül: Flockung) vagy tapadó (németül: Verbrückung) makromolekulák formájában. (Lowke, 2013)

Az építőmérnöki gyakorlatban szterikus hatása a polikarboxilát-éter (PCE) alapú folyósítószerrek makromolekuláihoz kapcsolódó polietilén-glikol (CH₂-CH₂-O) oldalláncoknak

van, miáltal e harmadik generációs folyósítók öntömörödő beton készítésére alkalmasak. Bár a víz és cement alkotó szuszpenziójában lévő polikarboxilát alapú szuperfolyósítók folyósító hatása alapvetően szterikus hatásokon alapul, a polikarboxilát alapú cementpépben mégsem minden szuperfolyósító molekula adszorbeálódik a cementszemcse felületén, hanem néhány oldatban marad. Ezért mind a szterikus stabilizálás, mind a részleges stabilizálás a lehetséges szterikus mechanizmusok közé tartozik (1.5.Sz60. ábra). (Lowke, 2013)

A polikarboxilátokat a polimerek fésűszerű szerkezete miatt (1.5.Sz608. ábra) fésűs polimereknek is nevezik. (Lowke, 2013)



1.5.Sz60. ábra: Makromolekulák stabilizáló és destabilizáló hatása kolloid diszperziókban (Lowke, 2013)

Lásd még: Adalékszer, Öntömörödő beton

Sztöchiometria

A sztöchiometria görög eredetű szó: stoicheia = alapanyag és metron = mérték.

A sztöchiometria a kémiának az részterülete, amely analitikus adatok alapján az összegképletek meghatározásával és kémiai reakciók lefolyásának matematikai tárgyalásával, a kémiai reakciók mennyiségi viszonyainak leírásával foglalkozik.

Megkülönböztetik a sztöchiometrikus és a nem-sztöchiometrikus vegyületeket. A sztöchiometrikus vegyületek, az úgy nevezett daltonidák, világosan felismerhető, egyértelmű sztöchiometrikus (molekulasúly, helyesebben relatív molekulatömeg szerinti) összetételű vegyületek, például a nátrium-klorid (NaCl), szén-dioxid (CO_2), kénsav (H_2SO_4) stb. A nem-sztöchiometrikus vegyületek, az úgy nevezett bertollidák, változó összetételű vegyületek, ilyen például a vas-szulfid (Fe_{1-x}S). (Neumüller szerk., 1. kötet, 1981 és 4. kötet, 1984)

Szubmikroszkopikus

A szubmikroszkopikus az anyag, ha elemei részei kicsiny méretűknél fogva közönséges mikroszkóppal nem láthatók.

Lásd még: Kolloidok

Szulfátálló beton

A szulfát-tartalmú talajvíz hatására a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből a megszilárdult betont szétrepesztő, tű alakú, úgy nevezett másodlagos ettringit kristályok ($6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) képződnek, amely betonkárosító hatást szulfátkorrózióknak, szulfátduzzadásnak vagy duzzadásos betonkorrózióknak nevezünk.

A másodlagos ettringit képződési hajlam és szulfátduzzadás okozta hosszváltozás a cement alumínát-tartalmának csökkentésével csökkenthető. *Biczók* (1956) megállapította, hogy a kísérleti eredményekből jól kitűnik a kis trikálcium-alumínát-tartalmú (C_3A -tartalmú) és a nagy kohósalaktartalmú cementfajták szulfátállósága.

A beton szulfátállósága érdekében az MSZ EN 197-1:2011 szabványban a szulfátálló portlandcement (CEM I-SR) és a szulfátálló puccoláncement (CEM IV/A-SR, CEM IV/B-SR) klinkerének a trikálcium-alumínát tartalmát (C_3A -tartalom) korlátozzák. A nagy kohósalaktartalmú CEM III/B-SR és CEM III/C-SR fajtájú szulfátálló kohósalakcement klinkerének trikálcium-alumínát tartalmára nincs követelmény. Az MSZ 4737-1:2013 szabvány szerint a CEM III/A fajtájú kohósalakcement és a legfeljebb 1,0 alumínát-modulusú CEM II fajtájú portlandcement mérsékelt szulfátálló (MSR).

A természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes víz okozta duzzadásos kémiai korrózióknak kitett betonokat mérsékelt szulfátálló vagy szulfátálló cementtel kell készíteni, és az XA1, XA2, XA3 környezeti osztályba kell sorolni (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018, MSZ 4798/4M:2023). Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4799:2023 szabvány szerint duzzadásos betonkorrózió esetén az XA1 környezeti osztályban valamennyi SR jelű szulfátálló és MSR jelű mérsékelt szulfátálló kohósalakportlandcement alkalmazható. Az XA2 környezeti osztályban MSR jelű mérsékelt szulfátálló portlandcementet vagy SR jelű szulfátálló portlandcementet vagy CEM III/A és CEM III/B fajtájú kohósalakcementet, az XA3 környezeti osztályban SR jelű szulfátálló portlandcementet vagy CEM III/B fajtájú kohósalakcementet ajánlott alkalmazni.

Mindemellett a duzzadásos betonkorrózió – mint mindenfajta betonkorrózió – hatékony és szükséges, bár általában nem elégséges ellenszere a tömör beton készítése. A kis (0,40-0,45 alatti) víz-cement tényezővel és trikálcium-alumínát-mentes portlandcementből, illetve nagy kohósalaktartalmú kohósalakcementből készült tömör beton az erős szulfátáramadásoknak is szinte teljesen ellenáll (*Czernin*, 1977).

A beton szulfátkorróziójára vonatkozólag a MÉASZ ME-04-19.1995 műszaki előírás 10.6. fejezetében az 1.5.Sz61. ábra szerinti állnak.

A szulfát hatása csak a cement néhány alkotóját érinti: a szulfátkorróziót a szulfát-ionok (mint agresszív anyagok) kémiai reakciója jellemzi a szilárd portlandcement vagy a portlandcement-klinkert tartalmazó cement (mint reaktív anyag) szulfát-, kalcium- és hidroxil-ionjaival, ill. alumínát-komponenseivel, főleg ettringitet és kisebb mennyiségben gipszet képezve.

Eme anyagok közötti reakció - ha elegendő víz van jelen - a beton duzzadását okozza, amely szabálytalan repedezéshez vezet (→ ábra). Ez megkönnyíti a további szulfát-behatolást és ennek megfelelően a folyamat a teljes tönkremenetelig tart. A gyakorlatban a legfontosabb befolyásoló paraméterek a következők:

- a környezeti (kitéti) feltételek, azaz a korrózió hatékonysága (az agresszív anyagok mennyisége),
- a beton hajlamossága a korrózióra, azaz a cement fajtája (a reaktív anyagok mennyisége),
- a rendelkezésre álló víz mennyisége.

Forrás: MÉASZ ME-04-19:1995 műszaki előírás. 10.6. Fejezet. A szulfátkorrózió hatásának leírása és vázlatrajza

1.5.Sz61. ábra: A szulfátkorrózió hatása. Részlet a MÉASZ ME-04-19.1995 műszaki előírás 10.6. fejezetéből

Lásd még: Alumínát-modulus, Cementbacilus, Szulfátálló cement

Szulfátálló cement

Szulfátálló cementnek a *Ferrari*-cement, brownmillerit-cement stb. nevet is viselő ferrocementeket nevezik.

A szulfátálló cementek (ferrocementnek) a szulfáttartalmú agresszív talajok, talajvizek, egyéb folyadékok korrodáló hatásának, az úgy nevezett szulfátkorrózió ellenálló tulajdonságukat csekély trikálcium-aluminát- (felit, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, röviden: C_3A) tartalmuknak köszönhetik.

A szulfátálló cementek szulfátállóságának hatékonyságát többek között az aluminát-modulussal, illetve a trikálcium-aluminát- (C_3A) tartalommal jellemezzük. A szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek különböző időszakok MSZ és MSZ EN szabványaiban használt jelét, valamint az aluminát-modulus, illetve a trikálcium-aluminát- (C_3A) tartalom e szabványokban megengedett legnagyobb értékét az 1.5.Sz11. táblázatban mutatjuk be.

1.5.Sz11. táblázat: A szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek jele, megengedett aluminát-modulusa, C_3A -tartalma a különböző időszakok MSZ és MSZ EN szabványaiban

Szabványok	Szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek jele	
	Szulfátálló cementek	Mérsékelt szulfátálló cementek
MOSz 32:1935 v	—	—
MNOSZ 521:1950 v MNOSZ 521:1951 1. módosítás v	—	—
MSZ 4702:1956 v Általános, benne szulfátálló cementek	S 54 500 pc	—
MSZ 4702-4:1974 v Szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek	S-54 350 pc	S-100 450 pc S-100 350 pc S-100 350 kspc 20
MSZ 4702-4:1982 v Szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek	S-54 350 pc	S-100 450 pc S-100 350 kspc S-100 350 ppc
MSZ 4702-2:1997 v Általános, benne szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek	CEM I 42,5 S	CEM III/A 32,5 MS
MSZ 4737-1:2002 v Szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek	CEM I 32,5 R-S pc CEM II/A-V 32,5 N-S ppc	CEM III/B 32,5 N-MS ksc
MSZ 4737-1:2013 Mérsékelt szulfátálló cementek	—	CEM II/A MSR kspc, ppc stb, CEM II/B MSR kspc, ppc stb, CEM III/A L-LH/MSR
MSZ EN 197-1:2011 Általános, benne szulfátálló cementek	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 CEM III/B-SR CEM III/C-SR CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	—

Az 1.5.Sz11.. táblázat folytatódik

Az 1.5.Sz11.. táblázat folytatása

Szabványok	Szulfátálló és mérsékelt szulfátálló cementek jele	
	Szulfátálló cementek	Mérsékelt szulfátálló cementek
	Aluminát-modulus	
MSZ 4702:1956 v	$AM \leq 0,7$	–
MSZ 4702-4:1974 v	$AM \leq 0,7$	$0,7 \leq AM \leq 1,0$
MSZ 4702-4:1982 v	$AM \leq 0,7$	$0,7 \leq AM \leq 1,0$
MSZ 4702-2:1997 v	$AM \leq 0,7$	$0,7 \leq AM \leq 1,0$
MSZ 4737-1:2002 v	$AM \leq 0,7$	$0,7 \leq AM \leq 1,0$
MSZ 4737-1:2013	–	CEM II $\rightarrow 0,7 \leq AM \leq 1,0$ CEM III/A $\rightarrow$ n.e.
	C_3A -tartalom (Trikalccium-aluminát-tartalom), tömeg%	
MSZ 4702-4:1974 v	–	$C_3A \leq 5$
MSZ EN 197-1:2011	CEM I-SR 0 $\rightarrow C_3A = 0$ CEM III/B-SR $\rightarrow$ n.e., CEM III/C-SR $\rightarrow$ n.e.,	CEM I-SR 3 $\rightarrow C_3A \leq 3$ CEM I-SR 5 $\rightarrow C_3A \leq 5$ CEM IV/A-SR $\rightarrow C_3A \leq 9$ CEM IV/B-SR $\rightarrow C_3A \leq 9$
Megjegyzés: v = visszavont szabvány n.e. = nincs előírás AM = aluminát-modulus: a portlandcementklinker alumínium-oxid (Al_2O_3)- és vas-oxid (Fe_2O_3)-tartalmának hányadosa		

Megjegyezzük, hogy az MSZ EN 197-1:2011 szabványban a „mérsékelt szulfátálló cement” fogalmát nem alkalmazzák.

A szulfátálló cementek megfelelősége vizsgálatának jelenlegi helyzetét az MSZ CEN/TR 15697:2009 európai műszaki jelentésben tárgyalják.

Lásd még: Aluminát-modulus, Ettringit, Ferrocement, Duzzadásos betonkorrozó, S-54 szulfátálló portlandcement, Szulfátálló beton

Szulfátállóság vizsgálata

A habarcsok és betonok külső szulfáthatások elleni ellenállóképességének jelenleg nincs egységes szabványosított vizsgálati eljárása.

A felületi szulfáthatás vizsgálatokor alapvető különbséget kell tenni a kötőanyagon (általában habarcs) és a betonon végzett vizsgálat között.

A szulfátállóság vizsgálatát befolyásoló lényeges szempontok a felhasznált oldat típusa és koncentrációja, a tárolási idő és hőmérséklet, a vizsgált anyag (habarcs vagy beton) mibenléte, annak víz-cement tényezője, a minta geometriája, a vizsgálat előtti tárolás módja, valamint a vizsgálati paraméterek és határértékek. (DBV-Merkblatt Chemischer Angriff auf Beton, 2017)

A tárolási idő lerövidítése érdekében általában minden vizsgálati eljárásban nagyon nagy, 2,1% és 4,4% közötti nátrium-szulfát (Na_2SO_4) koncentrációt alkalmaztak. Az ilyen nagy oldatkonzentrációkkal járó káros hatások csökkentése érdekében a Németországban a cementek vizsgálati módszerét a közelmúltban módosították. Itt az oldat koncentrációja az eredeti 30 000 mg/liter SO_4^{2-} szulfát-tartalomról 3000 mg/liter SO_4^{2-} szulfát-tartalomra (0,44% Na_2SO_4) csökkentették, ami jobban tükrözi a szulfát-támadás valós mértékét. Ezzel egyidejűleg a vizsgálat időtartamát és 5 °C hőmérsékleten való tárolási időtartamát 91 napról 5 évre növelték. A kezdeti értékelés két év elteltével végezhető el szakértői jelentés alapján. A vizsgálat öt év

múlva fejeződik be. A kohósalakcement (CEM III/A) SR cementként történő értékeléséhez továbbra is az eredeti módszer javasolt, 4,4% nátrium-szulfát-tartalmú oldattal és 5 °C és 20 °C tárolási hőmérsékleten. (DBV-Merkblatt Chemischer Angriff auf Beton, 2017)

Különbséget lehet tenni a kis és lapos habarcsbasók, a fűrasmagok (más néven magminták) és a betonhasábok vizsgálata között. A habarcsra végzett vizsgálattal szemben a szulfátellenállás betonon történő vizsgálata azzal az előnnyel rendelkezik, hogy az eredményeket közvetlenül át lehet vinni a beépítendő betonra. Az adalékanyag legnagyobb szemmagyságától függően azonban sokszor nagyméretű betonpróbatestekre van szükség, és a vizsgálati időszakok néha nagyon hosszúak, ha egyszerűen belemerítik a vizsgálati oldatba. Ezt a hátrányt vagy negatív nyomás alkalmazásával, vagy váltakozó telítési és szárítási ciklusokkal (lásd például a SIA-262-1 szabványt) lehet kiküszöbölni. (DBV-Merkblatt Chemischer Angriff auf Beton, 2017)

Svájcban alpesi alagutak építése során dolgozták ki a SIA 262/1:2003 szabvány D mellékletében lévő előírt (németül: normativ) módszert a beton szulfátállóságának gyors vizsgálatára (Loser et al., 2011). Ennek mai változata a SIA 262/1:2013 szabvány, amely szerint a szulfátállóság vizsgálatát vagy a betonszerkezetből kifűrt (TT-2 és TT-3 vizsgálati mód) vagy 150 mm élhosszúságú prókakockákból kifűrt (TT-1 vizsgálati mód)²¹⁵ legalább hat darab Ø28±2 mm átmérőjű, 145-150 mm hosszú betonfűrasmagon végzik, és a beton 28 napos korában kezdik. A vizsgálat 84 napig tart. A vizsgálat kezdetén – ahogy az SN 505262/1:2019*SIA 262/1:2019 szabványban is szerepel – a próbahengereket légcserés szárítószekrényben 50±2 °C hőmérsékleten 120±2 órán át szárítják, majd 1 óra alatt exszikkátorban 20±2 °C hőmérsékletre hűtik, és megméri a lehűtött próbahengerek hosszúságát (l_0) tömegét (m_{s0}). Ezt követően a próbahengereket 48±1 óra hosszára fűrasmagonként 0,4 liter 5%-os nátrium-szulfát-oldatban merítik, és onnan kivéve, a felületét leitatva, 0,001 g pontossággal megméri a tömegét (m_{s1}), és invar-rúd²¹⁶ alkalmazásával 0,001 mm pontossággal a hosszúságát (l_1). Ezt a hétnapos ciklust még háromszor végrehajtják, és minden ciklus végén meghatározzák a próbahengerek fajlagos hosszváltozását %-ben (Δl_n) és a próbahengerek egységnyi térfogatának szulfát-oldat felvételét kg/m³ mértékegységben (Δm_{sn}). A próbahengereket negyedik ($n = 4$) ciklus után újból a nátrium-szulfát-oldatba helyezik, ahonnan 7, 14, 28, 42 és 56 nap után kivéve megméri a próbahengerek tömegét (m_{s5} -től m_{12} -ig) és hosszúságát (l_5 -től l_{12} -ig). A vizsgálat eredményeként meg kell adni:

- a próbahengerek fajlagos hosszváltozását minden ciklus végén a mérőcsapok nélküli kezdeti hosszúságra (l) vonatkoztatva:

$$\Delta l_n = \frac{l_n - l_0}{l} \times 1000 \quad [\%]$$

- a próbahengerek mértékadó szulfátduzzadását az $n = 4$ és $n = 12$ ciklus között:

$$\Delta l_s = \Delta l_{12} - \Delta l_4 \quad [\%]$$

- a próbahengerek testsűrűség-változását az áztatási (m_{sn}) és szárítási (m_{tn}) ciklusok alatt:

$$\Delta m_{sn} = \frac{m_{sn} - m_{tn}}{V_0} \quad [\text{kg/m}^3]$$

- a próbahengerek ciklusonkénti testsűrűség-változását az $n = 5, 6, 8, 10$ és 12 hét végén:

²¹⁵ Az SN 505262/1:2019*SIA 262/1:2019 szabványban a következő vizsgálati módokat különböztetik meg:

TT-1: Laboratóriumi próbatestek 28 napos korban kezdődő vizsgálata;

TT-2: A betonszerkezetből az utókezelés után kifűrt próbahengerek 28 napos korban kezdődő vizsgálata;

TT-3: A betonszerkezetből az utókezelés után kifűrt próbahengerek, amelyek vizsgálatát 28 napos korban kezdik és/vagy amelyek utókezelése meghatározatlan.

²¹⁶ Az invar-rúd a hőmérséklet változásokat alig követő hosszúságú ötvözetből készített hosszmérőeszköz.

$$\Delta m_{\text{Sn}} = \frac{m_{\text{Sn}} - m_{\text{Sv}}}{V_0} \quad [\text{kg/m}^3]$$

A régi SIA 262/1:2003 szabvány D melléklete szerint a vizsgálat végén a következő képlettel ki kellett számítani a Δl szulfátduzzadási tényezőt (Loser et al., 2011):

$$\Delta l_{\text{szulfátduzzadási tényező}} = (\Delta l_4 - \Delta l_1) \times \frac{(z + ZS)}{\sum_{n=1}^4 \Delta m_{\text{sn}}} [\%]$$

ahol:

$z =$ a beton cement-tartalma, kg/m^3

$ZS =$ a beton II. típusú kiegészítőanyag-tartalma, mint a pernye-tartalom és a szilikaortartalom, kg/m^3

Loser et al., (2011) tanulmányában olvasható, hogy ha a szulfátduzzadási tényező értéke $\Delta l_{\text{szulfátduzzadási tényező}} = 1$, akkor a felvett szulfát mennyisége megfelel a kötőanyag 3%-os alumínát-tartalmának ettringitté való átalakításához szükséges tömegnek. A szulfátálló beton $\Delta l_{\text{szulfátduzzadási tényező}}$ szulfátduzzadási tényezőjének szabványos megkövetelt értéke általában: $\Delta l_{\text{szulfátduzzadási tényező}} \leq 0,5 \%$.

A SIA 262/1:2013 szabványt 2019. március 1-jén módosították. Az új SN 505262/1:2019*SIA 262/1:2019 szabvány a korábbi szabvánnyal együtt érvényes és a korábbi szabvány kiegészítéseit tartalmazza. A kiegészítések és módosítások a D mellékletet nem érintik.

Szulfátduzzadás

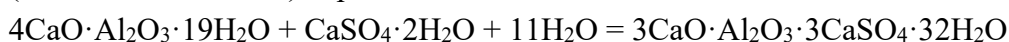
A szulfátok reakciója a cement klinker fázisaival és a cement hidratációs termékeivel olyan vegyületeket eredményezhet, amelyek a cementkő duzzadásához és/vagy lágyulásához vezetnek. A szulfát forrása alapján különbséget teszünk a belső és a külső szulfátáttámadás között. Belső szulfátáttámadás esetén a nagy szulfát-tartalmú cementekben a kalcium-szulfátok és a cementkő alumínát összetevői között léphetnek fel duzzadást okozó reakciók. Hasonló duzzadási jelenségek a hőkezelt betonban is előfordulhatnak a késleltetett ettringit-képződés miatt (angolul: DEF, Delayed Ettringite Formation; németül: Verzögerte Ettringitbildung). Külső szulfátáttámadás esetén a környezetből a szulfátionok diffundálnak a betonba, majd reakcióba lépnek a cementkő komponenseivel, és új fázis képződése révén károsodást okozhatnak. (Heinz et al., 2006)

A szilárd beton szulfátálóságát a legnagyobb mértékben a cement trikálcium-alumínát tartalma befolyásolja, ugyanis a szilárd beton szulfátduzzadásának elsődleges oka az ettringit (trisulfát, $6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) kristálynövekedési nyomása, amely a cementkő kalcium-alumínát-hidrátjainak ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ és $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) és a behatolt szulfátnak a reakciójából jön létre. Általában a cement trikálcium-alumínát-tartalmának (C_3A -tartalmának) növekedésével a beton ellenállása szulfátok károsító hatásának csökken. (Heinz et al., 2006)

A külső szulfátáttámadás során végbemenő reakciók a következők lehetnek (Heinz et al., 2006):

Kalcium-szulfát-oldat okozta másodlagos ettringit-képződés

A legegyszerűbb támadóközeg a telített gipsz-oldat (telített kalcium-szulfát-oldat). Ebben az esetben a kalcium-szulfát reakcióba lép a cementkő alumínát fázisaival ettringitet ($\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) képezve, ami a cementkő károsodásához vezet:

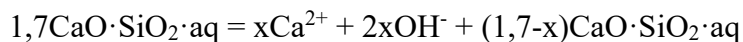
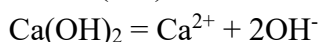
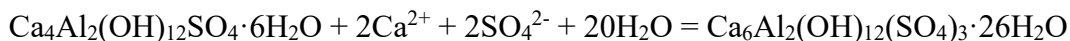


A cementkőből a portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) nem, vagy nagyon lassan oldódik ki.

Nátrium-szulfát-oldat okozta másodlagos ettringit-képződés

A nátrium-szulfát (Na_2SO_4) és a cementkő közötti reakciókban először ettringit képződik. Az ettringit kialakulásához Ca^{2+} -ionok szükségesek, amelyeket kezdetben a portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

tud biztosítani. Ha portlandit már nem áll rendelkezésre, megkezdődik a CSH fázisok dekalcinálása (Ca kivonása, angolul: Decalcification), (Chen et al., 2006). A pórusoldatban nagyobb szulfácion-tartalmú helyeken gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) képződik. Ez további kalcium (Ca^{2+}) szükséglettel jár:



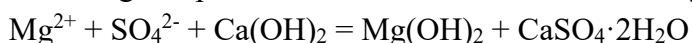
A cementkőben a gipszképződés csak azután kezdődik, miután a pórusoldatban az SO_4^{2-} koncentráció egy bizonyos mértéket elért. A gipszképződés általában csak akkor lehetséges, ha az SO_4^{2-} koncentráció eléri a szulfácionok maximális oldhatóságát a portlandit-tartalmú oldatokban, ez mintegy 1300 mg SO_4^{2-} /liter. Mások szerint a lúgok jelenléte miatt a cementkőben gipszképződés csak akkor fordulhat elő, ha az oldat SO_4^{2-} koncentrációja 4000 mg/liter körül van. A gipszképződéshez szükséges szulfátkoncentráció a pH-értéktől függ.

A nátrium-szulfát-oldat (Na_2SO_4 -oldat) hatására a hidroxil-ionok (OH^-) nagyobb mozgékonyaságuk folytán hajlamosak kilépni a cementpépből. Minél nagyobb a Na_2SO_4 koncentráció, annál több $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lúgozódik ki. Ez a porozitás növekedéséhez és a gipszképződéshez vezet a cementkőben.

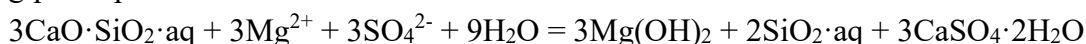
A CSH fázisok dekalcinálása mikroszondával kimutatható, és a nátrium-szulfátos hatás során jelentéktelen. A kalcium-szilikát-hidrát csak lassan bomlik a nátrium-, illetve kalium-szulfát-oldatban.

Magnézium-szulfát-oldat okozta másodlagos ettringit-képződés

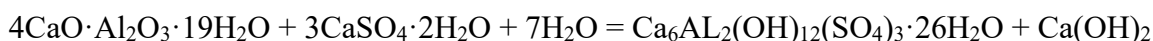
A magnézium-szulfát (MgSO_4) először a cementkőben lévő portlandittal reagál, és rosszul oldódó magnézium-hidroxidként ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) vagy magnézium-szilikát-hidrátként (talkum, zsírkő, $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) kiválik a betonfelületen. Az oldhatatlan fázisok kialakulása védőréteget képez a beton felületén, és eleinte akadályozza a további szulfát-támadást:



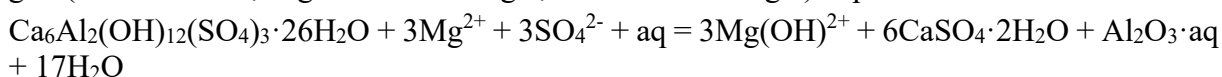
Ezeknek a magnézium-tartalmú vegyületeknek a meghibásodása jelentősen csökkenti a pH-értéket, ami további hidrátfázisok (szilikátok és aluminátok, köztük az ettringit) bomlásához és gipsz képződéséhez vezet:



A gipsz ettringit képződése mellett további reakcióba léphet az aluminát-hidrát fázisokkal:



Az ettringitet a MgSO_4 -oldat is megtámadja, brucitot ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), gipszet és alumínium-oxid-gélt ($n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, angolul: Alumina gel, németül: Alummogel) képezve:



Az ettringit hasonló lebomlása nátrium-szulfát-oldat hatására is bekövetkezhet, ha a portlandit teljesen gipszé alakult, és a hidroxil-ionok (OH^-) koncentrációja nem elegendő az ettringit állandósításához (stabilizálásához).

Lásd még: Brucit, Duzzadásos betonkorrozó, Ferrocement, Oldódásos betonkorrozó, Szulfátálló cement, Szulfátkorrozó, Taumazit

Szulfátesztrich

A szulfátesztrich (gipszesztrich) kötőanyaga kalcium-szulfát (CaSO_4)²¹⁷. A szulfátesztrichet, más néven kalcium-szulfátesztrichet, illetve gipszesztrichet a cementesztrichek zsugorodási repedezettségének elkerülése érdekében célszerű alkalmazni. A gipsz kötőanyagú esztrichhabarcsok, aljzatkiegyenlítők megengedett zsugorodása mind a szabványokban, mind az 1_2023. ÉPMI (v1_2023. I. 18.) építésügyi műszaki irányelvben 0,2 mm/m.

Az MSZ EN 13813:2003 szabvány szerint például a C20 nyomószilárdsági osztályú, F4 hajlító-húzószilárdsági osztályú kalcium-szulfát-esztrich jele a következő: MSZ EN 13813 CA-C20-F4

A kalcium-szulfátesztrich (gipszesztrich) hátránya, hogy nedvességérzékeny, ezért alkalmazása fürdőszoba, konyha stb. alá kockázatos; gondolni kell egy esetleges csőtörésre, vízvezeték illesztés meghibásodásra stb. is.

Lásd még: Esztrich

Szulfátkorrózió

Lásd: Szulfátduzzadás

Szulfifikáció

Kémiai folyamat, amelynek során a szerves anyagok bomlása következtében képződött kénhidrogént (H_2S) a szulfátképző (szulfifikáló) bacilusok, például Beggiatos-félék, Thiotrix-fajok stb., oxigén jelenlétében szulfátiónná (SO_4^{2-}), kénsavvá (H_2SO_4) alakítják (oxidálják), amelyet a karbonátok semlegesítenek. A szulfifikáció, illetve a szulfátképző bacilusok működése káros a betonra.

Lásd még: Deszulfifikáció, Biogén kénsav okozta korrózió

Szűrőpróba

Lásd: Minta, vizsgálati minta

Szuszpénzió

Különböző anyagú, finom eloszlású szilárd részecskéket tartalmazó folyadék. Olyan heterogén keverék, amelyben a részecskék szabad szemmel vagy mikroszkóppal megfigyelhetők.

Lásd még: Emulzió

Szűrési próba

Lásd: Screening-próba

Szürkevas

Szürkevasnak a 2,06%-nál több szenet tartalmazó vas-grafit-vaskarbid ($\text{Fe-C-Fe}_3\text{C}$) ötvözetet nevezik.

Lásd még: Vas-szén ötvözetek

²¹⁷ A *kalcium-szulfát*, kénsavas kalcium: CaSO_4 . E vegyület a természetben nagy mennyiségben előfordul. A vízmentes rombos rendszerben kristályosodott kalcium-szulfátot (CaSO_4) a mineralógus *anhidrit*-nek, a két molekula vizet tartalmazó kristályos kalcium-szulfátot *gipsznek* vagy *gipszpátnak* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a kalcium-szulfát dihidrátja) nevezi. E vegyület az egyhajlású rendszerben kristályosodik. A tömöttebb kristályos szövetű márványhoz hasonló gipszet *alabástromnak* nevezik (A Pallas Nagy Lexikona. X. kötet. Budapest, 1895).

Takarékacélok

Takarékacéloknak nevezték az 1940-es években azokat a gyengébb minőségű, kevésbé jól ötvöztött acélokat, amelyekkel a II. világháború alatt anyaghiány (például nikkel-hiány, molibdén-hiány) miatt kiesett jó minőségű acélokat helyettesítették. A takarékacél-féleségek száma igen nagy, mintegy 250 volt.

A takarékacélokat a korabeli irodalomban csereacéloknak, helyettesítő- vagy pótacéloknak is nevezték (Weigl, 1943).

Taktilis járófelületű burkolati jelzőelem

Angolul: Pavingelement with tactile surface indicator, Tactile paving surface indicator

Németül: Pflasterstein mit taktilem Oberflächenindikator, Taktile Bodenindikator

Magyarul: Dombormintás járófelületű burkolati jelzőelem, Dombormintás járóelem, Letapogatható burkolati jelzőelem

A taktilis (letapogatható, dombormintás) burkolóelem azon közlekedésepítési burkolóelemek angol nyelvből átvett megnevezése, amelyek járófelületét lábbal és segédeszközzel (bottal) egyaránt érzékelhető dombormintával készítik a látássérült emberek közlekedésének megkönnyítése érdekében. A betonból, égetett agyagból vagy természetes kőzetekből gyártott dombormintás burkolóelemek járófelületének alakzati kialakítását és fényvisszaverési tulajdonságát az MSZ CEN/TS 15209:2024 európai műszaki specifikációban tárgyalják.

Talajnedvesség

Talajnedvességnek a talajvízszint felett (a legfelső vízzáró réteg felett) elhelyezkedő, a talajszemcsék közötti hézagokat csak részben kitöltő vizet nevezzük. Talajnedvesség a talajvízből kapillárisan felszívódó, a talajszemcsék felületén megtapadt és vízfilmeket képező „kötött víz”, amely hidrosztatikai nyomást nem fejt ki, de a vízszigetelések, víztaszító belső bevonatok tervezése és kivitelezése során figyelembe kell venni.

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betona az XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolható, ha az MSZ EN ISO 15148:2003 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója (kapilláris vízfelszívási együtthatója, water absorption coefficient) $W_{wt} \leq 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$. Ilyen például a talajnedvességnek, talajpárának kitett, talajvízszint felett fekvő alapozás vagy pincefal, vagy olyan mélygarázs, amelynek környezetében például vízelcsívással, talajvíz-mentesítéssel (drénázás) tartósan megszüntették a víznyomást.

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton nem vízzáró, ezért a szerkezeti elem vastagságának és a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés MSZ EN ISO 17892-11:2019 szabvány szerinti (Darcy-féle) vízáteresztő-képességének mértékétől, illetve az utóbbi időbeni változásától, valamint a vízszint nem várt emelkedésétől függően átnedvesedhet.

A falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm, a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés ajánlott, MSZ EN ISO 17892-11:2019 szabvány szerinti vízáteresztési együtthatója legalább $k = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Az esetleges átnedvesedés ellen az építető saját költségén belső (légtér felőli) víztaszító vakolattal védekezhet, például:

- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $W_{wt} \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$, akkor ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;
- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $0,5 < W_{wt} \leq 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$, akkor nyomatékkal ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolt beton összetétele feleljen meg az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány NAD F1. táblázata előírásának.

Megjegyzés: 2023-ig az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a talajban, nedves, de víznyomás nélküli környezetben lévő beton (könyvünk szerinti jele: V0-beton) – szigorúbb (beton esetén legfeljebb 6 tömeg%, vasbeton esetén legfeljebb 4 tömeg%, feszített vasbeton esetén legfeljebb 2 tömeg% vízfelvétel), de teljesíthető feltétellel (Erdélyi et. al., 2018) – az önálló XV0(H) környezeti osztályba tartozott.

Erdélyi Attila szerzőtársaival 2018-ban a következőket írta: „A fokozatos víztelítés az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint mérve négy próbatesten átlagosan 0,96 tömeg%-ra adódott. A térfogatos vízfelvétel a beton testsűrűségével ($2,4 \text{ kg/dm}^3$) számolva $2,4 \times 0,96 = 2,3$ térfogat%, amely igen kedvezően kis érték.” Ezt az eredményt Erdélyi Attila és szerzőtársai 280 kg/m^3 cement-tartalmú, 29 kg/m^3 metakaolin ($k = 1$) adagolású, $x_{eq} = 122/(280 + 29) = 0,395$ vízkötőanyag tényezőjű, 16 mm legnagyobb szemnagyságú, Fuller-görbét követő homokos kavics adalékanyagú betonnal érték el.

A Zement-Merkblatt H 10:2019 „Wasserundurchlässige Betonbauwerke” műszaki útmutatót (1.5.T1. táblázat) alapul véve az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint az XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolt betonból készülő falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm.

1.5.T1. táblázat: A talajnedvességnek kitett monolit betonok, kettősfalú elemek és előregyártott elemek víz-igénybevételi osztálya és legkisebb szerkezeti vastagsága (d_{min}) a Zement-Merkblatt H 10:2019 „Wasserundurchlässige Betonbauwerke” műszaki útmutató és a DAfStb WU-Richtlinie (2017) szerint A víz-igénybevételi osztályt a tervező határozza meg többek között a talajvízszint, a víznyomás, illetve a talajnedvesség és az altalajviszonyok ismeretében.

Beanspruchungsklasse 2		Empfohlene Mindestbauteil- dicken in mm	Beanspru- chungs- klasse	d _{min} bei Ausführungsart in mm		
				Ortbeton	Element- wände	Fertig- teile
<i>Bodenfeuchte</i> ■ kapillar im Boden gebundenes Wasser		Wände	1	240	240 (120 ²⁾)	200
			2	200	240 ¹⁾ (120 ²⁾)	100
<i>an der Wand ablaufen- des Wasser</i> ■ nicht stauendes Wasser bei stark durchlässigem Boden		Bodenplatte	1	250	–	200
			2	150	–	100

Megjegyzés: Zárójelben a kettősfalú elemek helyszíni monolit beton kiegészítésének legkisebb értékei állnak

Lásd még: Kettősfalú elemek, Víz-igénybevételi osztály

Talaj építési célú felhasználása

Az Építési és Közlekedési Minisztérium főosztályvezetője (dr. Kapros Zoltán) 2025. április 3-án a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) Ásványi kő adalékanyagok műszaki bizottságának (MSZT/MB 113, titkár: Bernáth Csaba, elnök: Kárpáti László) a 275/2013. (VII. 16.) kormányrendelet „építési termék” és a 149/2024. (VI. 28.) kormányrendelet „építési alapanyag” fogalmainak értelmezése tárgyában feltett kérdésére a következő választ adta:

„1) Ellentmondás a két kormányrendelet, azaz a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet és a 149/2024. (VI. 28.) Korm. rendelet fent idézett fogalmai között?

A két rendeletnek eltérő a megközelítése. A 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet kizárólag építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény

igazolásának részletes szabályairól szól, és itt az *építési termék* fogalmának fontos eleme, hogy az adott terméket azért hozzák forgalomba, hogy azt építményekbe vagy építmények részeibe állandó jelleggel beépítsék. Mind a magyar építészettről szóló 2023. évi C. törvény, mind a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az európai uniós építési termék rendelet szerint rögzíti az építési termék fogalmát. Az építési termék fogalom a 2024/3110/EU új CPR szerinti értelmezésben bár formálatlan fizikai árucikkre is kiterjed, de a feltételek között az építményekbe vagy építmények részeibe állandó jelleggel történő beépítési célú forgalomba hozatal is rögzített.

Ezzel szemben a 149/2024. (VI. 28.) Korm. rendelet egyrészt környezetvédelmi és erőforrás-gazdálkodási szempontokat érvényesít, másrészt kifejezetten az állami, út- és vasúti pályaépítési beruházásokkal összefüggésben keletkezett hulladékok felhasználását szabályozza. Az *építési alapanyag* fogalomnak nem része a forgalomba hozatal, vagyis az olyan kitermelt alapanyag, amelyet rögtön beépítenek és nem kerül a piacra, nem minősül *építési terméknek*.

2) Elfogadható-e az az álláspont, hogy az *építési alapanyag* egy nagyobb halmaz, aminek az *építési termék* egy részhalmaza. Azaz létezhet-e olyan *építési alapanyag*, amely nem *építési termék*, de építménybe való beépítési céllal forgalomba hozható?

A magyar építészettről szóló 2023. évi C. törvény 16. § 39. pontja szerint *építési anyag* az építési alapanyag és az építési termék gyűjtőfogalma. Vagyis a nagy halmaz az *építési anyag*, melynek két különálló részhalmaza az *építési alapanyag* és az *építési termék*. Tehát természetesen létezik olyan *építési alapanyag*, amely nem minősül *építési terméknek*, különösen, ha az alapanyagot szükségszerűen először készletbe vagy más építési termékbe építik be.

Értelmezésünk szerint az állandó jelleggel történő beépítés mellett a forgalomba hozatal is az *építési termék* definíciójának lényeges fogalmi eleme. Amennyiben adott esetben *építési alapanyagot* építménybe vagy építmények részeibe állandó jelleggel történő beépítési céllal forgalomba hoznak, azzal egyben az *építési termék*é válik, így ekkor minden CPR szerinti gazdasági szereplőre vonatkozó rögzített jogosultság és kötelezettség érvényes.

3) Ennek tudatában az építési-bontási tevékenységből származó talaj építési célú felhasználása esetén *építési terméknek* [275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet szerint] vagy *másodlagos építési alapanyagnak* [149/2024. (VI. 28.) Korm. rendelet szerint] minősül?

A kitermelt talaj a 17 05 04, illetve 17 05 06 EWC kódok szerinti hulladék.

A CPR alapvetően rendelkezik arról, hogy az állandó jelleggel történő beépítés melletti forgalomba hozatal mellett csak olyan árucikk lehet *építési termék*, beleértve akár a használt, akár az újragyártott *építési terméket* is, amely nem hulladék, vagy amely a 2008/98/EK irányelvvel összhangban már nem minősül hulladéknak, és amelyet legalább egyszer beépítettek valamely építménybe. 149/2024. (VI. 28.) Korm. rendelet másodlagos építési alapanyag fogalmából fontos, hogy korábban hulladéknak minősülő és korábban hasznosított alapanyagról van szó.

Ezek alapján a 2) pontban megválaszolt adott esetekben a másodlagos építési alapanyag építési terméknek is minősülhet, de általánosan ez nem kijelenthető.

Amennyiben az újrahasznosított másodlagos építési alapanyag állandó jelleggel kerül közvetlenül beépítésre és beépítés előtt forgalomba hozzák, akkor *építési terméknek* minősül és a CPR hatálya alá tartozik (pl. földművek, úttöltések, műszaki védelem részei esetén ez felmerülhet). Azonban az, hogy a másodlagos építési alapanyag elsődleges építési alapanyagot helyettesít még nem jelenti azt, hogy építési termék (pl. egyszerű töltőanyagként vagy tereprendezésként történő felhasználás esetén).

4) Ha az építési-bontási tevékenységből származó talaj *építési terméknek* minősül, akkor melyik európai jogi aktus alapján minősül annak, továbbá ki határozza meg a rá vonatkozó AVS-rendszert (AVCP-rendszert)?

Másodlagos építési alapanyag is a 2024/3110/EU rendelet (CPR) alapján minősülhet építési terméknek, és a harmonizált szabványok tartalmazzák az adott termékre vonatkozó AVCP szintet (1+, 1, 2+, 3 vagy 4). Amennyiben nincs harmonizált szabvány, de van ETA, akkor az európai műszaki értékelés írja elő az AVCP-t. A harmonizált szabványokat az Európai Bizottság hirdeti ki, Magyarországon a tanúsító szervezetek és a minősítő testületek (pl. ÉMI, egyes akkreditált tanúsítók) végzik az AVCP szerinti eljárást. Lehet olyan termék, amely ugyan CE-jeles az AVCP miatt, de további AVS-szint szerinti követelményeket is teljesíteni kell ahhoz, hogy Magyarországon beépíthető legyen.

Amennyiben termékszabvány (EN, vagy MSZ), vagy ETA nem áll rendelkezésre, akkor az NMÉ az egyetlen lehetőség, amely alapján a szükséges teljesítménynyilatkozat a magyarországi beépítéshez kiállítható (275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet).

5) Ha az építési-bontási tevékenységből származó talaj *másodlagos építési alapanyag*nak minősül, akkor milyen megfelelőség-igazoló dokumentum szükséges?

Ebben az esetben a kitermelt talajnak a 149/2024. (VI. 28.) Korm. rendelet 3. §-ban megfogalmazott feltételeknek kell megfelelnie, és elsősorban a talaj környezetvédelmi megfelelőségét szükséges igazolni.

Az Energiaügyi Minisztérium (EM) gondozásában folyamatban van az építési-bontási tevékenységből származó talaj felhasználását szabályozó kormányrendelet előkészítése.

A jogszabály megalkotásában az Építési és Közlekedési Minisztérium (ÉKM) is közreműködik, ezért bármilyen szabályozási javaslatukat szívesen fogadjuk a kérdésben.

Használt, illetve újragyártott építési termék újra beépítéséhez a következő főbb tevékenységek és főbb szereplők azonosíthatók:

I. tevékenység: bontási tevékenység, építési tevékenység, felújítási, korszerűsítési tevékenység. Végzi: Szolgáltató 1. Eredmény: újrahasználatra szánt termék/alapanyag

II. tevékenység: műveletek (ellenőrzés, tisztítás, javítás, teljesítményre nem alapvető vagy alapvető átalakítás), logisztika. Végzi: Szolgáltató 1 és/vagy további szolgáltatók. Eredmény: Forgalmazásra előkészített használt vagy újragyártott termék

III. tevékenység: forgalomba hozási feltételeknek való megfelelés; forgalomba hozás. Végzi: Beszállító (CPR szerinti Gyártó), (Közreműködő Szolgáltatók). Eredmény: Forgalomba hozott építési termék

IV. tevékenység: forgalmazás; logisztika. Végzi: Forgalmazók (Közreműködő egyéb Szolgáltatók). Eredmény: Építési termék

V. Tevékenység: Beépítés. Végzi: Kivitelező. Eredmény: Újra beépített építési termék

A keretek így megvannak ahhoz, hogy a szükséges piaci folyamatok ellenőrzése és felügyelete kialakítható legyen, illetve ezek alapján az újrahasználatra vonatkozó ösztönzések, kötelezések terén is előre léphessünk.”

Lásd még: Betontermék, Újrahasznosított adalékanyag

Talajok szulfát-tartalma

E szócikk *Csányi Erika* műegyetemi tanárnő szíves segítségével készült.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolásához az MSZ EN 196-2:2013 cementvizsgálati szabvány szerinti módszerrel meg kell határozni a betont körülvevő talaj szulfát-tartalmát.

Tekintettel arra, hogy ebben az esetben a szulfát-tartalom meghatározást nem cementeken, hanem betonkorrozíót okozó talajokon végezzük, az MSZ EN 196-2:2013 cementvizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszer néhány lépését ennek megfelelően kell szabályozni.

TALAJOK SZULFÁT-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA SÓSAVAS ELJÁRÁSSAL

A beton XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolásához a vizsgálandó talajból vett legalább 2 kg tömegű talajmintát lépésenként negyedeléssel 250 g-ra kell csökkenteni. Ezt a részt 110 ± 5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, majd 0,5 mm-nél kisebb szemnagyságúra kell aprítani. A vizsgálathoz 50 g szárított, aprított talajmintát használunk fel, amelyet 150 ml desztillált vízzel felöntve 24 órán át állni hagyunk. Másnap a desztillált vízzel felöntött talajmintát rázógépen 1 órán át rázni kell, majd 250 ml térfogatú mérőlombikba kell szűrni, és a 250 ml térfogat eléréséig további desztillált vízzel kell mosni. Ha a szűrlet zavaros, akkor centrifugálással kell ülepíteni, és az oldat tiszta részét kell a további vizsgálatokhoz használni.

A szulfátionoknak az MSZ EN 196-2:2013 szabvány 4.4.2.2. szakasza szerinti gravimetriás meghatározásához ebből a szűrletből 100 ml-t kell kimérni, amelynek hidrogénion-koncentrációját 1+11 hígítású sósavval (HCl) pH = 1,0-1,5 értékre kell beállítani.

A minta sósavas feltárásakor keletkező szulfátionokat az MSZ EN 196-2:2013 szabványban leírtaknak megfelelően 1,0-1,5 pH-értéken bárium-klorid- (BaCl_2 -) oldattal választjuk le. A leválasztott és finom pórusú szűrőpapíron átszűrt oldatot forrásban lévő vízzel klorid-mentesre mossuk, majd 950 ± 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig izzítjuk. Az így kapott bárium-szulfát tömegét ($m_{\text{bárium-szulfát}}$) 0,343 értékkel megszorozva az SO_3 (kén-trioxid) tömegét kapjuk meg, amelyből a talaj SO_3 -ban kifejezett szulfít-tartalmát százalékban a következő egyenlettel számítjuk ki:

$$\begin{aligned} \text{SO}_3 [\%] &= \frac{m_{\text{bárium-szulfát}} \times 0,343046 \times 100}{m_{\text{talajminta}}} = \\ &= 34,30 \times \frac{m_{\text{bárium-szulfát}}}{m_{\text{talajminta}}} = \frac{\text{SO}_3 [\text{mg/kg}]}{10000} \end{aligned}$$

A képletben szereplő 0,343 értékű átszámítási tényező a szulfítion (SO_3) és a bárium-szulfát (BaSO_4) relatív molekulatömegének a hányadosa: $80,06/233,38 = 0,343046$.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány 2. táblázatában a beton környezeti osztályba sorolásához a talaj szulfát-tartalmának határértékei nem $\text{SO}_3^{[\%]}$ (szulfít), hanem $\text{SO}_4^{[\text{mg/kg}]}$ (szulfát) alakban szerepelnek; ezért az MSZ EN 196-2:2013 szabvány szerinti százalékos szulfítion-tartalmat mg/kg mértékegységben kifejezett szulfátion-tartalomra át kell számítani. Az átszámítás képlete: $\text{SO}_4^{[\text{mg/kg}]} = 1,2 \times \text{SO}_3^{[\text{mg/kg}]} = 1,2 \times 10^4 \times \text{SO}_3^{[\%]}$, mert a szulfátion (SO_4^{2-}) relatív molekulatömege 96,06, a szulfítion (SO_3^{2-}) relatív molekulatömege 80,06, ezek hányadosa pedig: 1,2.

A talajoknak a beton MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba sorolásához szükséges, mg/kg mértékegységben kifejezett szulfátion-tartalmát úgy kapjuk meg, hogy az MSZ EN 196-2:2013 szabvány szerinti, százalékos, $\text{SO}_3^{[\%]}$ -ban kifejezett vizsgálati eredményt $1,2 \times 10^4$ értékkel megszorozzuk:

$$\text{SO}_4^{[\frac{\text{mg}}{\text{kg}}]} = 1,2 \times 10^4 \times \text{SO}_3^{[\%]} = 411655 \times \frac{m_{\text{bárium-szulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

Ha az 50:250 = 1:5 arányú talajminta-extraktum vizsgálata során a szulfátion-tartalom több, mint 6000 mg/kg, akkor a vizsgálatot 1:10 arányú talajminta-extraktummal meg kell ismételni.

TALAJOK SZULFÁT-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA VIZES ELJÁRÁSSAL

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány 2. táblázata szerint a talajok szulfáttartalmát sósavas eljárás helyett vizes eljárással is meg szabad határozni, ha erre van tapasztalat.

Ebben az esetben a meghatározást az MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013 szabvány szerint előkészített mintával végezzük. A legalább 2 kg tömegű talajmintát lépésenként negyedeléssel 250 g-ra kell csökkenteni. Ezt a részt 110±5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, majd 0,125 mm-nél kisebb szemmagyságúra addig kell aprítani, amíg legalább 20 g talajminta át nem hullik a 0,125 mm lyukbőségű szitán.

Ezután a vizsgálatot az MSZ EN 196-2:2013 szabvány 4.4.2.2. szakasza szerint végezzük 2,00+0,05 g porított minta bemérésével. A vizsgálati eredmény ezúttal is:

$$\text{SO}_4 \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right] = 411655 \times \frac{m_{\text{bárium-szulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány a talajok szulfát-tartalmának a cementszabvány alapján való meghatározására vonatkozó fenti módszert rövidítve, széttöredezve, lábjegyzetekben tartalmazza.

Megjegyezzük, hogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021, az MSZ 4798:2016 és az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány 2. táblázata a fogalmakat és határértékeket tartalmazó DIN 4030-1:1991 és DIN 4030-1:2008 szabványból, valamint a szulfát-tartalom vizsgálat módszerétől eltekintve a DIN 4030-2:1991 és DIN 4030-2:2008 vizsgálati szabványból eredeztethető.

A DIN 4030:1969 (Beton-Kalender 1972. I. kötet. pp. 1162-1174.), a DIN 4030-2:1991 (Technische Baubestimmungen, Beuth Verlag GmbH. 2018. DVD) és DIN 4030-2:2008 (Technische Baubestimmungen, Beuth Verlag GmbH. 2018. DVD) szabvány szerint a talajok SO_4^{2-} szulfát-tartalmát 0,09 mm alá porított, 10 g tömegű mintán kell meghatározni. A mintát 15 ml tömény sósavval (HCl) forrásban lévő sósavas vízzel elegyítjük. A forró elegyet 110 °C hőmérsékleten tömegállandóságig bepároljuk. A bepárlási maradékot tömény sósavval megnedvesítjük, és hozzá mintegy 50 ml sósavat tartalmazó forró vizet adunk, majd leszűrjük. A desztillált vízzel felöntött szűrlethez 10 ml forró bárium-klorid- (BaCl_2 -) oldatot adunk, majd hagyjuk lehűlni és leszűrjük. A szűrlet tömegét 900 °C hőmérsékleten való 30 perces izzítást követő lehűtés után megmérjük. A szűrlet szulfát- (SO_4^{2-} -) tartalmát gravimetriásan bárium-szulfátként (BaSO_4) határozzuk meg, és mg/(légszáraz talaj kg) mértékegységben adjuk meg (Iken et al., 2012):

$$\text{SO}_4^{2-} = \frac{m_{\text{bárium-szulfát}} \times 0,343046 \times 1,2 \times 10^4}{m_{\text{talajminta}}} = 411655 \times \frac{m_{\text{bárium-szulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

Iken et al. (2012) szerint a talaj szulfát-tartalma ólom-acetát indikátorpapírral (tesztpapírral)²¹⁸ kvalitatív módon (minőségileg) kimutatható. A vizsgálati módszer a következő:

- 1000 g talajt be kell mérni a szárítótálcába 1 g pontossággal.
- A mintát egyenletesen úgy kell elteríteni a szárítótálcán, hogy a réteg 1 cm-nél ne legyen vastagabb. A nagy vízmegtartó képességű talajok (agyagok, agyagos talajok) 105±5 °C hőmérsékleten előszáríthatók.

²¹⁸ Az ólom-acetát mérgező hatású, és az ólom-acetát vizsgálati papír is veszélyes az egészségre. Az ólom-acetát indikátorpapírral technikailag egyenértékű a szulfid indikátorpapír (tesztpapír), amely nem mérgező és biztonságosan használható.

- A mintát laboratóriumi levegőn, 20 °C körüli hőmérsékleten és 65%-os relatív páratartalom mellett (normál klíma) 24 órán keresztül kell szárítani, majd le kell mérni a tömegét.
- A 24 órán át tartó szárítást és tömegmérést addig kell ismételni, míg a minta a tömegállandóságot el nem éri (a megengedett különbség mérésenként 1 g).
- A homogenizált mintát mintaelosztó segítségével el kell felezni, majd az egyik részmintát tartalékmintaként egy edényben félre kell tenni.
- A másik részmintából további felezésekkel ki kell venni 100 g-ot, majd azt mozsárral maradéktalanul 0,09 mm alá kell törni.
- Az így előkészített mintából 50 ml-t főzőpohárba kell tenni, és mintegy 10 ml hígított sósavat (HCl) kell ráönteni. A fejlődő kénhidrogén (H_2S) szaga (záptojás szag) a talaj szulfid-tartalmára utal.
- Kétség esetén 5 g megtört mintát egy 50 ml-es főzőpohárba kell helyezni.
- Az ólom-acetát indikátorpapírt hátlapjával, desztillált vízzel egy óraüveg aljára kell tapasztani.
- A főzőpohárban lévő mintára mentegy 10 ml hígított sósavat kell önteni, és azonnal le kell fedni az óraüveggel.
- Ha az ólom-acetát indikátorpapír elsötétül vagy ezüstössé válik, a talaj szulfid összetevőket tartalmaz.
- Ha a szulfid nem mutatható ki, akkor a szulfid-tartalom minden bizonnyal 100 mg/kg talaj alatt van. Ha szulfidot észlelünk, akkor a szulfid-tartalmat a DIN 4030-2 szabvány szerint a fenti módon meg kell határozni.

Lásd még: Gravimetria, Savassági fok, Szulfátálló beton, Szulfátduzzadás, Talajvizek betonra káros hatása, Talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalma

Talajvizek betonra káros hatása

A talajvíz gyakran tartalmaz olyan vegyületeket feloldva, amelyek a portlandcementtel, illetve a bauxitcementtel készült betont kisebb-nagyobb mértékben károsítják, korrodálják.

Ilyen korrozív hatású vegyület például a szén-sav (H_2CO_3), a szulfátok, a kénsav (H_2SO_4), egyéb savak, a szóda (Na_2CO_3), a kénhidrogén (H_2S), a kálium-karbonát (K_2CO_3).

E talajvízben lévő vegyületek betonkárosító hatásának ismertetésére *Vendl Aladár* professzor a *Geológia* című könyvében (*Vendl, 1953*) tíz és fél oldalt szentelt, amely a <https://www.betonopus.hu/notesz/oreg-konyvek/vendl-talajviz-betonkorrozio.pdf> weboldalon olvasható.

Lásd még: Talajok szulfát-tartalma, Talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalma

Talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalma

E szócikk *Csányi Erika* műegyetemi tanárnő szíves segítségével készült.

A szulfát-tartalmú talajvízzel érintkező betont az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata szerinti határértékek alapján kell az XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba, a szulfát-tartalmú szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal érintkező betont pedig az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti határértékek alapján kell az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba sorolni. Az SO_4 -ben kifejezett határértékek mértékegysége: mg/liter.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata szerint a beton környezeti osztályba sorolásához a betont körülvevő talajvíz, szennyvíz és egyéb agresszív folyadék stb. szulfát-tartalmát az MSZ EN 196-2:2013 cementvizsgálati szabvány szerinti módszerrel meg kell határozni, és mértékegységben kell megadni.

A talajvizek, csapadékvizek, szennyvizek vagy egyéb agresszív folyadékok stb. szulfáttartalmának meghatározásakor az MSZ EN 196-2:2013 cementvizsgálati szabvány 4.4.2.2. szakasza szerinti eljárás annyiban módosul, hogy a méréshez cementpép helyett 250 ml szűrt talajvizet, illetve szennyvizet vagy egyéb agresszív folyadékot stb. használunk, melynek pH értékét 1+11 hígítású sósavval 1,0-1,5 értékre állítjuk be. A szulfácionok gravimetriás meghatározásához ezt az oldatot használjuk, melyet a továbbiakban az MSZ EN 196-2:2013 szabvány 4.4.2.2. szakaszának „Forraljuk az oldatot 5 percig.” („Bring to the boil and boil for 5 min.”) kezdetű negyedik bekezdése szerint kezelünk.

A vizsgálati eredmény:

$$\text{SO}_4 \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right] = 411655 \times \frac{m_{\text{bárium-szulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

Ugyanis az MSZ EN 196-2:2013 szabvány szerinti vizsgálat eredménye a 100 ml térfogatú talajvíz-, szennyvíz- és egyéb agresszív folyadékmintához tartozó bárium-szulfát (BaSO_4) grammiban kapott tömege ($m_{\text{bárium-szulfát}}$), amelynek mértékegysége tehát: g/(100 ml), és amelyet MSZ 4798:2016 szabvány szerint mg/liter mértékegységben szulfácion-tartalomra kell átszámítani. A bárium-szulfátnak a vizsgálattal kapott $m_{\text{bárium-szulfát}}$ tömege $m_{\text{szulfácion}} = 0,412 \times m_{\text{bárium-szulfát}}$ [g/(100 ml)] szulfácion tömegnek felel meg, mert a szulfácion és a bárium-szulfát móltömegének hányadosa: $96,09/233,43 \approx 0,411655$. Minthogy $1 \text{ g/(100 ml)} = 10^4 \text{ mg/liter}$, a talajvíz mg/liter mértékegységben kifejezett szulfácion-tartalma:

$$\text{SO}_4^{2-} = 10^4 \times 0,411655 \times m_{\text{bárium-szulfát}} = 4117 \times m_{\text{bárium-szulfát}} \text{ [mg/liter]}$$

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány 2. táblázata szerint a talajvizek, az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 2. táblázata szerint a szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalmát az MSZ EN ISO 10304-1:2009 vízvizsgálati szabvány szerint is meg lehet határozni. Az MSZ EN ISO 10304-1:2009 szabvány szerinti vizsgálattal kapott, $\text{SO}_4 \left[\frac{\text{mg}}{\text{liter}} \right]$ -ben kifejezett szulfácion-tartalom mértékegysége mg/liter, akárcsak az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában és NAD 2. táblázatában a szintén $\text{SO}_4 \left[\frac{\text{mg}}{\text{liter}} \right]$ -ben kifejezett határértékek mértékegysége. Ebből következik, hogy az MSZ EN ISO 10304-1:2009 szabvány szerint mért szulfát-tartalom értékek közvetlenül összevethetők az MSZ 4798:2016, illetve az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti környezeti osztályok szulfát-tartalmi határértékeivel.

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány a talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalmának a cementszabvány alapján való meghatározására vonatkozó fenti módszert rövidítve, széttöredezve, lábjegyzetekben tartalmazza.

Megjegyezzük, hogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021, az MSZ 4798:2016 és az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány 2. táblázata a fogalmakat és határértékeket tartalmazó DIN 4030-1:1991 és DIN 4030-1:2008 szabványból, valamint a szulfát-tartalom vizsgálat módszerétől eltekintve a DIN 4030-2:1991 és DIN 4030-2:2008 vizsgálati szabványból eredeztethető.

A DIN 4030:1969 (Beton-Kalender 1972. I. kötet. pp. 1162-1174.), a DIN 4030-2:1991 (Technische Baubestimmungen, Beuth Verlag GmbH. 2018. DVD) és DIN 4030-2:2008 (Technische Baubestimmungen, Beuth Verlag GmbH. 2018. DVD) szabvány szerint a talajvizek SO_4^{2-} szulfát-tartalmát gyorsvizsgálattal bárium-klorid (BaCl_2) tesztpálca és thorin ($\text{C}_{16}\text{H}_{11}\text{AsN}_2\text{Na}_2\text{O}_{10}\text{S}_2$) indikátor alkalmazásával lehet meghatározni, amelynek során szulfát jelenlétében a tesztpálca mintegy 2 perc múlva elszíneződik, és a szulfát-tartalom a mellékelt színskálával összehasonlítva adódik, vagy referencia-vizsgálattal 100 ml térfogatú szűrt mintán, bárium-szulfát (BaSO_4) formájában, gravimetriásan kell meghatározni. A szulfácion-tartalom (SO_4^{2-}) mindkét esetben mg/liter mértékegységben adandó meg, illetve 10,4 értékkel szorozva mmol/m³ mértékegységben is megadható.

A DIN 4030-2:1991 és DIN 4030-2:2008 szabványban lévő 10,4 értékű átszámítási tényező magyarázata: Az anyag mmol/liter mértékegységben (moláris koncentrációban, németül: Stoffmengenkonzentration) kifejezett mennyiségét (c) megkapjuk, ha az anyag mg/liter mértékegységben (tömegkoncentrációban, németül: Massenkonzentration) adott mennyiségét (ρ) az anyag relatív molekulatömegével (M , németül: relative Atommasse) elosztjuk: $c = \rho/M$. Az átszámítási tényező tömegkoncentrációról (mg/liter-ről) moláris koncentrációra (mmol/liter-re) az anyag relatív molekulatömegének a reciproka ($1/M$). Az átszámítási tényező ($1/M$) az $M = 96,06$ relatív molekula tömegű szulfátion-tartalom (SO_4^{2-}) esetén tehát: $1/96,06 = 0,0104$. Például $\rho = 350$ mg/liter szulfát-tartalom $c = 0,0104 \times 350 = 3,6436$ mmol/liter, illetve $1000 \times c = 10,4 \times 350 = 3643,6$ mmol/m³ szulfát-tartalomnak felel meg.

A vízkémiai koncentrációk átszámításáról a <http://www.ewt-wasser.de/de/wissen/konzentrationsangaben-einheitenumrechnung.html> weboldalon lehet részletesebben olvasni, és átszámítási tényezőket a <http://www.trinkwasserspezi.de/Berechnungen.pdf> weboldalon lehet találni.

Iken et al. (2012) szerint egy 25 ml-es főzőpoharat félig megtöltve a vizsgálandó vízzel, és hozzáadva 10 csepp 10%-os foszforsav-oldatot (H_3PO_4 -oldatot), záptojás szag érezhető, ami azt jelzi, hogy hidrogén-szulfid (H_2S) fejlődik a talajvízből, szennyvízből vagy egyéb agresszív folyadékból.

Lásd még: Gravimetria, Savassági fok, Szulfátálló beton, Szulfátduzzadás, Talajok szulfát-tartalma, Talajvizek betonra káros hatása

Tapadási súrlódási tényező

A tapadási súrlódási tényező ($\mu_{ts} = F_{\text{tap}}/F_{\text{nyomó}}$) az állóhelyzetbeli tapadási súrlódási erő (F_{tap}) és a testeket felületükön egymáshoz szorító nyomóerő ($F_{\text{nyomó}}$) hányadosa, amelynek nagysága a testek anyagától és felületi megmunkálásától (érdességétől), felületi nedvességétől függ, de a testek felületének nagyságától független. Nyomószilárdság-vizsgálat esetén a próbatest és a szilárdságvizsgálógépbe beépített nyomólapok, illetve az alátétlemezek közötti kisebb tapadási súrlódási tényezőhöz kisebb nyomószilárdság tartozik és fordítva.

Lásd még: Tapadószilárdság

Tapadószilárdság, tapadó-húzószilárdság

Angolul: Bond strength, Adhesion strength

Németül: Haftfestigkeit

Két réteg közötti tapadószilárdság, más szóval tapadó-húzószilárdság a felületre merőleges legnagyobb húzóerő (szakítóerő) és a felület hányadosa.

Az európai szabványok bevezetése előtt hazánkban kétféle habarcs tapadószilárdság vizsgálati módszer volt szabványos. A visszavont MSZ 16000-2:1974 szabvány 5.12. szakasza szerinti szakítókalodás módszer laboratóriumi, a 6. fejezet szerinti szakítóképzővel módszer helyszíni tapadószilárdság vizsgálati eljárás.²¹⁹

A habarcsok tapadásának MSZ 16000 szabvány szerinti laboratóriumi szakítókalodás vizsgálatához két I. osztályú tömör égetett téglát kaloda segítségével szabályozott módon keresztbe össze kell habarcsolni. A két téglát között kialakítandó habarcsréteg vastagsága 15 mm. Az így kialakított és megfelelően tárolt próbatesteket a habarcs 28 napos korában szakítógépben (1500 ± 100) N/perc sebességgel szét kell szakítani.

A habarcsok tapadásának MSZ 16000 szabvány szerinti helyszíni szakítóképzővel vizsgálatához szükséges készülék ($50 \pm 1,5$) cm² felületű, kör alakú, fogóval ellátott

²¹⁹ A habarcsok vizsgálata a visszavont MSZ 16000-2:1974 szabványból utóbb átkerült az ugyancsak visszavont MSZ 16000-3:1990 szabványba.

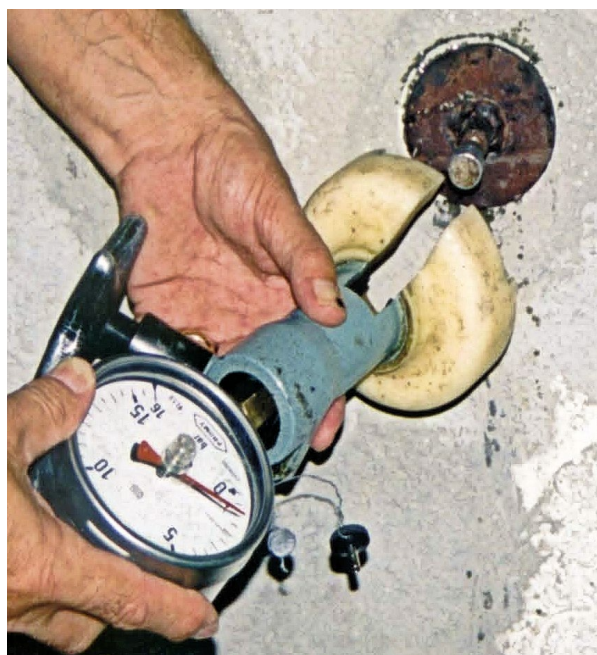
fémkorongból és annak letépésére alkalmas, dinamométerrel rendelkező kézi hajtású szakítószervezetből áll (1.5.T1. ábra). A tapadószilárdság vizsgálata előtt a vizsgálandó szilárd réteget koronafúróval az alaptestig körül kell vágni úgy, hogy a körülvágott rész ne sérüljön, ne lazuljon meg, a tapadása ne rongálódjék.

A visszavont MSZ 16000-2:1990 szabvány szerint a különböző habarcsok előírt tapadószilárdsága az 1.5.T2. táblázatban feltüntetett érték.

1.5.T2. táblázat: A 28 napos korú, a visszavont MSZ 16000-3:1990 szabvány szerint vizsgált habarcsok tapadó-, nyomó-, és hajlítószilárdsága a visszavont MSZ 16000-2:1990 szabvány szerint

Vakoló-habarcs	Ágyazó-habarcs	Felületképző habarcs	Tapadó-szilárdság	Nyomó-szilárdság	Hajlító-szilárdság
fajtája			legalább, N/mm ²		
Hvb 4			0,04	–	–
Hvb 8			0,08	–	–
Hvh 5			0,05	–	–
Hvh 10			0,10	–	–
	Ha 20		0,20	2	–
	Ha 50		0,50	5	–
		Hs 10	0,10	1,0	0,3
		Hs 15	0,15	1,5	0,5
		Hs 60	0,25	6,0	2,0
		Hs 100	0,40	10,0	3,0
Megjegyzés: Az MSZ 16000-2:1990 szabványban nem szerepel, hogy a tapadószilárdságot a szakítókalodás vagy a szakítókészülékes módszerrel kell meghatározni.					

Mind a szakítókalodás, mind a szakítókészülékes MSZ 16000 szabvány szerinti habarcs tapadásvizsgálat rövid leírása megtalálható a Balázs professzor szerkesztette „Építőanyag praktikum” című könyvben (Balázs szerk., 1983); a szakítókészülékes habarcs tapadásvizsgálattal pedig részletesebben Palotás és Balázs professzor a „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyv harmadik kötetében (Palotás et al., 1980) foglalkozik.



1.5.T1. ábra: Habarcsréteg tapadószilárdságának mérése szakítókészülékkel
(<https://www.betonopus.hu/szakmernoki/171-helyszini-vizsgalat.pdf>)

Napjainkban a falszerkezeti szilárd vakolóhabarcsok tapadószilárdságát hordozóanyagon az MSZ EN 1015-12:2016 szabvány szerint a szakítókészülékkel kell meghatározni (1.5.T1. ábra). E szabványban olvashatjuk, hogy az utókezelt friss vagy szilárd habarcsrétegből mintegy 50 mm átmérőjű vizsgálati felületet kell magfűrógéppel mintegy 2 mm mélyen a hordozóanyagba mélyítve körülvágni. A hordozóanyag égetett agyag, mészhomok, beton falazóelem, betonlap vagy helyszínen készült beton stb. lehet. A tapadószilárdságot a hordozóanyagra felhordott vakolóhabarcs 28 napos korában vizsgáljuk úgy, hogy a szakadás 20 és 60 másodperc között következzen be. Azokat a vizsgálati eredményeket, amelyek esetén a húzólap és a habarcs közötti ragasztóréteg vált el, nem értékeljük.

A betonszerkezetek védelmére és javítására használt, általában legfeljebb 50 mm vastagságú kiöntő- és egyéb habarcsrétegek, betonrétegek, valamint felületvédőrendszerek (angolul: surface protection system, SPS) tapadó-húzószilárdságát leszakítással az MSZ EN 1542:2000 szabvány szerint kell vizsgálni. E szabvány szerint a módszer elve, hogy a szabványos referenciabetonra felhordott javítótermék felületére ragasztott ($50 \pm 0,5$) mm átmérőjű szabványos korongot a felületen fűrt mag által meghatározott vizsgálati területről le kell szakítani. A vizsgálatot a próbatesteknek az utókezelést követő hét napos laboratóriumi kondicionálása után kell elvégezni. A terhelést folyamatosan és egyenletesen kell növelni ($0,05 \pm 0,01$) MPa/s sebességgel szakadásig. A tönkremenetel típusa lehet:

- kohéziós tönkremenetel a betonalapban (A), vagy az első rétegben (B), vagy a második rétegben (C), vagy a ragasztórétegben (Y);
- adhéziós tönkremenetel az alap és az első réteg között (A/B), vagy az első és második réteg között (B/C), vagy az utolsó réteg és a ragasztóréteg között (például: C/Y), vagy a ragasztóréteg és a korong között (Y/Z);
- ezek kombinációja esetén szemrevételezéssel meg kell határozni az egyes tönkremenetelfajták részarányát a felületi kiterjedés alapján.

Mindenféle betonépítési munkára érvényes általános szabály, hogy munkahézag kialakítása során a betonrétegek között kellőképpen szilárd és tömör kapcsolat megvalósítására kell törekedni. Ha a rétegek között $1,5 \text{ N/mm}^2$ -nél nagyobb tapadószilárdságra van szükség, akkor

az érintkező felületeket megfelelő mértékben fel kell érdesíteni, például 600 bar feletti nyomású vízszugárral. Az új betonréteg beépítésekor a már beépített betonrétegen víznek nem szabad állnia, felülete csak fénytelen, azaz mattnedves lehet. (Kausay, 2013)

Springenschmid „Betontechnologie für die Praxis” című könyvének második, 2018. évi kiadásában (*Springenschmid*, 2018) olvasható, hogy a szakítóképzővel a meglévő, felújítandó betonszerkezeti elem felületi szakítószilárdságát Németországban a helyszínen a DAfStb-Richtlinie:2014 „Instandsetzungsrichtlinie” helyreállítási műszaki irányelv szerint határozzák meg, hogy megállapítsák, alkalmas-e a meglévő betonfelület új javítóréteg hordására, illetve milyen mértékű a meglévő betonfelület és a korábban felvitt javítóréteg közötti tapadószilárdság. A meglévő betonfelületnek az új réteg felhordása előtt a legtöbb esetben legalább $1,5 \text{ N/mm}^2$ átlagos és legalább $1,0 \text{ N/mm}^2$ egyedi felületi szakítószilárdsággal kell rendelkeznie. A meglévő beton (németül: Altbeton) felületi helyreállítási osztályai az 1.5.T3. táblázat szerintiek.

1.5.T3. táblázat: A meglévő beton (németül: Altbeton) felületi helyreállítási osztályai a DAfStb-Richtlinie:2014 „Instandsetzungsrichtlinie” helyreállítási műszaki irányelv szerint

A beton felületi helyreállítási osztálya	Nyomószilárdság	Felületi szakítószilárdság	
	átlag érték		egyedi érték
	N/mm^2		
A1	≤ 10	–	–
A2	> 10	$\geq 0,8$	$\geq 0,5$
A3	> 20	$\geq 1,2$	$\geq 0,8$
A4	> 30	$\geq 1,5$	$\geq 1,0$

Az 5/2020. (V.11.) ÉPMI építésügyi műszaki irányelv szerint az ipari betonpadlók felületi, illetve rétegek közötti tapadó-húzószilárdságát az MSZ EN 13892-8:2003 szabvány szerint kell vizsgálni, és az feleljen meg az MSZ EN 13813:2003 szabvány 5.2.12. szakasza szerinti B 1,0 – B 2,0 osztálynak a következőképpen:

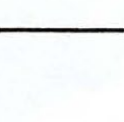
- a B 1,0 osztályban: legalább $1,0 \text{ N/mm}^2$,
- a B 1,5 osztályban: legalább $1,5 \text{ N/mm}^2$,
- a B 2,0 osztályban: legalább $2,0 \text{ N/mm}^2$.

Az 1/2023. (I.18.) ÉPMI építésügyi műszaki irányelv szerint a cement-, kalciumszulfát-, magnezit- és műgyantaesztrichek tapadó-húzószilárdsága az MSZ EN 13892-8:2003 szabvány szerint két réteg között vizsgálva feleljen meg az MSZ EN 13813:2003 szabvány 5.2.12. szakasza szerinti B 0,2 – B 2,0 osztálynak a következőképpen:

- a B 0,2 osztályban: legalább $0,2 \text{ N/mm}^2$,
- a B 0,5 osztályban: legalább $0,5 \text{ N/mm}^2$,
- a B 1,0 osztályban: legalább $1,0 \text{ N/mm}^2$,
- a B 1,5 osztályban: legalább $1,5 \text{ N/mm}^2$,
- a B 2,0 osztályban: legalább $2,0 \text{ N/mm}^2$.

A kültéri kéregerősítő tapadóesztrichek tapadó-húzószilárdsága legalább $1,5 \text{ N/mm}^2$ legyen.

A festékbevonatok és bevonatrendszeresek tapadásvizsgálatát a visszavont MSZ 9640-25:1989 szabvány szerint végeztük, ma az MSZ EN ISO 2409:2021 szabvány szerint kell végezni. E szabványok szerint a hordozófelületre vagy az előző rétegre felhordott lakk- és festékbevonatot vágóeszközzel, egymástól előírt távolságokban, egyenes vonalban, párhuzamosan, és általában azokra merőlegesen is a hordozófelületig átvágjuk. A négyzetmetszések nyomán esetleg leváló (meglazult) részeket poliamid sörtéjű kefével eltávolítjuk a felületről, és a vizsgált felületet a különböző mértékű leválásokat bemutató ábrával összehasonlítva meghatározzuk a bevonat tapadási fokozatát (1.5.T2. ábra).

Tapadási fokozat	A bevonat felületének képe	A bevonat felületének állapota a négyzetmetszések elkészítése és a bevonat megtisztítása után
0		A metszések mentén vagy azok kereszteződésénél a metszések szélei simák, élesek, levált bevonatdarabok nem láthatók.
1		A metszések mentén vagy azok kereszteződésénél a rács felületét borító réteg(ek)nek legfeljebb 5%-a vált le.
2		A metszések mentén vagy azok kereszteződésénél a rács felületét borító réteg(ek)nek legfeljebb 5–15%-a vált le, csíkok vagy négyzetek alakjában.
3		A metszések mentén vagy azok kereszteződésénél a rács felületét borító réteg(ek)nek legfeljebb 15–35%-a vált le, csíkok vagy négyzetek alakjában.
4		A metszések mentén vagy azok kereszteződésénél a rács felületét borító réteg(ek)nek legfeljebb 35–65%-a vált le, csíkok vagy négyzetek alakjában.
5		A metszések mentén vagy azok kereszteződésénél a rács felületét borító réteg(ek) csíkok vagy négyzetek alakjában a felület több, mint 65%-ában levált(ak).

1.5.T ábra 2: Tapadási fokozatok az MSZ 9640-25:1989 „Festékbevonatok és bevonatrendszerek vizsgálata. 25. rész: A tapadás meghatározása négyzet és párhuzamos metszéssel” című visszavont szabványban

A ma érvényes MSZ EN ISO 2409:2021 „Festékek és lakkok. Rácsvágásos vizsgálat” című szabványban a tapadási fokozatokat jellemző leválások terület%-a megegyezik a visszavont MSZ 9640-25:1989 szabvány szerinti terület%-okkal.

Lásd még: Esztrich, Ipari betonpadló, Szénszáltexsil, Tapadási súrlódási tényező

Tapasztalati szórás

Nevezik empirikus, illetve korrigált szórásnak is. A vizsgálati eredményekből meghatározható tapasztalati szórás (s_n), amely a nem ismert elméletiszórásnak (σ) a közelítő értéke. A vizsgálati eredmények száma (n) mennél jobban tart a végtelenhez, a tapasztalati szórás annál jobban közelít az elméleti szóráshoz.

Ha a vizsgálati eredmény szilárdság, akkor a mértékegysége: N/mm² vagy MPa.

Lásd még: Korrigált tapasztalati szórás, Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása, Szórás, Variancia

Tartós alakváltozás

A beton ε_0 pillanatnyi fajlagos alakváltozásának, ε_{zs} zsugorodásának és tartós terhelés okozta $\varepsilon_{kúszás}$ kúszásának együttesét a beton tartós alakváltozásának nevezzük. Nevezetlen szám. (Palotás, 1979)

Jele: ε_t

Lásd még: Kúszás, Tartós maradó alakváltozás, Zsugorodás

Tartós feszültség

A tartós feszültség a tartós terhelés kezdeti időpontjában (t_0) fellépő, folyamatosan működő, időben változatlan feszültség. A tartós feszültség hatására időben változó, kezdetben gyorsabban, később lassabban növekvő, az évek során aszimptotához tartó alakváltozás lép fel, amely jelenséget kúszásnak nevezünk. (Palotás, 1979)

Jele: $\sigma_{c,cyl}$, $\sigma_{c,cyl}(t_0)$

Lásd még: Fajlagos alakváltozás végértéke, Kúszás, Kúszási határ

Tartós feszültségi tényező

A tartós feszültségi tényező a szabványos Ø150×300 mm méretű beton próbahengeren értelmezett tartós feszültségnek és a beton nyomószilárdságának a szabványos próbahengeren értelmezett, a tartós terhelés t_0 kezdeti időpontjában működő átlagértékének a hányadosa.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban a megnevezése $\sigma_c/f_{ck}(t_0)$ feszültség/szilárdság arány, ahol σ_c a megterhelés időpontjában fellépő nyomófeszültség és $f_{ck}(t_0)$ a nyomószilárdság jellemző (karakterisztikus) értéke.

Jele: k_σ

Tartós maradó alakváltozás

A beton tartós alakváltozásának (ε_t) egy része maradó alakváltozás ($\varepsilon_{t,m}$), amely a zsugorodásból (ε_{zs}), a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás (ε_0) maradó részéből ($\varepsilon_{0,m}$) és a kúszás maradó alakváltozásából ($\varepsilon_{kúszás,m}$) tevődik össze. (Palotás, 1979)

Lásd még: Kúszás, Tartós alakváltozás, Zsugorodás

Tartós szilárdság

A beton kúszási határához tartozó feszültség a beton tartós szilárdsága.

A beton tartós szilárdsága az az állandó terhelőerő okozta legnagyobb feszültség, amelyet a beton végtelen hosszú ideig törésmentesen elbír. Palotás professzor megfogalmazásában: „a tartós szilárdság az a tartós terhelőfeszültség, amely mellett az anyag alakváltozási kapacitása kimerül” (Palotás, 1979).

Lásd még: Kúszási határ

Tartós szilárdsági tényező

A beton σ_{cu} nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója, amelynek értéke Magyarországon legfeljebb 50 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén $\alpha_{cc} = 1,00$, az 50 évnél nagyobb tervezési élettartamú szerkezetek esetén $\alpha_{cc} = 0,85$ (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése és NA2.2.1. szakasza szerint). Ha a beton szilárdságát $t > 28$ napos korban határozzák meg, akkor az α_{cc} tényezőt a nemzeti mellékletben található k_t tényezővel megszorozva csökkenteni kell (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerint).

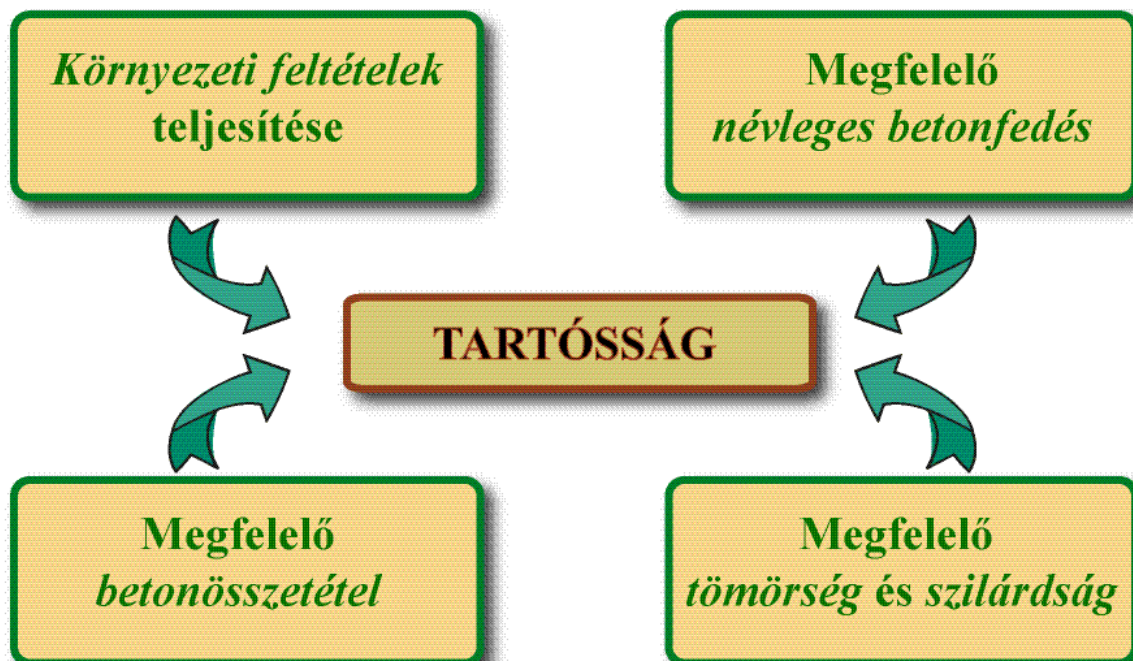
Jele: α_{cc}

Lásd még könyvünk 4.2. „A teherbírás tervezési értéke” című fejezetét.

Tartósság, tartós beton, tartós építmény

Tartósnek akkor tekintjük az építményt, ha a tervezési élettartam alatt az előírányzott fenntartás mellett, jelentős javítási munkák nélkül, a rendeltetésének megfelelően, kellő biztonsággal használható. Tartós beton, vasbeton és feszített vasbeton építmény, illetve szerkezet csak megfelelő összetételű, kellően tömör betonból, vasbeton és feszített vasbeton esetén megfelelő betonfedéssel készíthető.

Tartós a beton, ha használati élettartama nagyobb, vagy legalább akkora, mint a tervezési élettartama. A tartós beton, illetve vasbeton készítésének feltétele az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a környezeti osztályok követelményének teljesítése, a megfelelő betonösszetétel, névleges betonfedés, tömörség, kellő utókezelés és szilárdság (1.5.T2. ábra).



1.5.T2. ábra: Tartósság az MSZ 4798:216 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány felfogásában

„Betonszerkezetek tartóssága” címmel 1996-ban, az MTA Kongresszusi termében rendeztek konferenciát, amelyen elhangzott előadások jelentős módosítás nélkül megjelentek a Műegyetemi Kiadó konferencia-kiadványában (Balázs Gy. et al. szerk., 1996). Ennek előszavában írta Balázs György professzor: „Az elmúlt évszázad során fejlesztettük a betonszerkezetek anyagait, a beton- és építéstechnológiát, a véletlenszerűen előállított betonból tudatosan készített beton lett. Igen nagyot léptünk előre a beton- és vasbetonismeret terén, és napjainkban egyre nagyobb követelményeket támasztunk a betonszerkezetekkel szemben. Ugyanakkor az ember által okozott szennyezések, utak téli sózása, a közúti járműforgalom, az iparosítás által okozott légszennyeződéscsk megingatták a betonszerkezetek örökké valóságába vetett hitet. Konferenciák foglalkoznak a tartósság kérdésével, bár azt általánosan elfogadottan még nem definiálták. Mindenesetre az időjárásnak és a téli sózásnak kitett betonszerkezeteknél a tartósság követelményét egyenrangúnak kell tekinteni a szilárdsági és alakváltozási követelményekkel. Legújabb szabályzataink ezt a szemléletet tükrözik is.”

Figyelemre méltók a Beuth Verlag GmbH. kiadónál megjelent, beton- és acélbetét-korrózióval foglalkozó DAfStb Heft kiadványok is. Például:

- *Schließl et al.* (2012) a DAfStb Heft 601. füzetben beszámol az acélbetét korróziója okozta betonacél- és betonkárosodások előrehaladásának modellezése és a vasbetonszerkezeti elemek tartósságának tervezése tárgyában Németországban 2004 óta elért kutatási eredményekről. A résztémákról, mint a rendszerparaméterek meghatározása és a korrózió kvantitatív (mennyiségi) értékelése a korrózió előrehaladására passzívált²²⁰ acélbetéteken (*Isecke et al.*), az acélbetét kloridok által kiváltott korróziójának geometria- és időfüggése (*Raupach et al.*), a beton elektrolitállósága és az acélbetét korróziója megrepedt betonban (*Osterminski et al.*) a DAfStb Heft 601. füzetben; mint a repedésképződés az acélbetét korróziója miatt (*Müller et al.*), a korrodált acélbetét tapadó-szilárdsága betonban (*Ch. Fischer et al.*), az acélbetét korróziójának valószínűségi modellezése a tartósság méréséhez (*Osterminski et al.*), az élettartam mérés és alkalmazása, validálása²²¹ (*Greve-Dierfeld et al.*) a DAfStb Heft 602. füzetben lehet olvasni.
- *Greve-Dierfeld et al.* (2012) a DAfStb Heft 602. füzetben az acélbetétek – nem tengervízből származó kloridok okozta (XD1 – XD3 környezeti osztálybeli) és tengervízből származó kloridok okozta (XS1 – XS3 környezeti osztálybeli) – korróziója vasbetonszerkezeti elemek tartósságára gyakorolt hatásának kísérleti elemzése kapcsán – laboratóriumi próbapilléreken és mélygarázsok szerkezeti elemein végzett kísérletek eredményei alapján – modellt dolgoztak ki a kloridok hatásának kitett betonok tartósságának becslésére;
- *Greve-Dierfeld* (2016) a DAfStb Heft 622. füzetben a beton karbonátosodása okozta acélkorrózió hatásának kitett (XC környezeti osztályú betonból készített) vasbetonelemek tartósságával foglalkozott, és a karbonátosodás okozta tartószerkezeti károsodások tapasztalataira épülő, az EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2 szabvánnyal összhangban lévő, $\gamma_c = 1,5$ biztonsági tényezővel (parciális tényezővel) számoló méretezési modelleket dolgozott ki.

Lásd még: Használati élettartam, Karbonátosodás, Klorid-diffúziós együttható, Klorid-migrációs együttható, Tartószerkezeti élettartam, Tervezési élettartam

Tartószerkezetek élettartama

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány szerint a tartószerkezeteket úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy az előírt élettartamuk során kellő megbízhatósággal és gazdaságosan viseljék a kivitelezés és a használat során várhatóan fellépő összes hatást, és feleljenek meg a szerkezetre vagy a szerkezeti elemre előírt használhatósági követelményeknek. Tűzhatás esetén a tartószerkezetnek az előírt időtartam alatt megfelelő teherbírása legyen.

A tartószerkezetek tervezési élettartamának MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány szerinti osztályai az 1.5.T4. táblázatban láthatók.

²²⁰ A passzivitás például az acélok azon sajátága, hogy felületi oxid-rétegük következtében savakban, illetve anódként elektrolitikusan nem oldódnak. (*Bakos szerk.*, 1973).

²²¹ A validálás jelentése: hitelesítés, érvényesítés; esetünkben értelemszerűen a megbízhatóság igazolását jelenti.

1.5.T4. táblázat: Tervezési élettartamok az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány szerint

Osztály	Előírt tervezési élettartam (év)	Példák
1.	10	Ideiglenes, újrafelhasználás céljából szét nem szedhető tartószerkezetek, illetve szerkezeti elemek
2.	10-25	Cserélhető tartószerkezeti részek, például darupályatartók, saruk
3.	15-30	Mezőgazdasági és hasonló tartószerkezetek
4.	50	Épületek tartószerkezetei és egyéb szokásos tartószerkezetek
5.	100	Monumentális épületek (értsd: építmények) tartószerkezetei és más építőmérnöki szerkezetek

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén az MSZ 4798:2016 betonszabványban lévő nemzeti ajánlások és tájékoztatások – ezeket dőlt betűvel írták – előírások, azaz kötelezően alkalmazandók (például az N, O, P melléklet stb.).

Lásd még: Használati élettartam, Hosszú élettartamú beton, Kor-tényező, Tervezési élettartam

Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

A tartószerkezeti betonok olyan betonok, amelyek – az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványban foglalt követelményeken túl, de az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány J mellékletének szellemiségével összhangban – tulajdonságaik folytán alkalmasak az MSZ EN 1990:2011 Eurocode és MSZ EN 1992 Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013 és MSZ EN 1992-2:2009) szabványok szerint méretezett beton-, vasbeton-, és feszített vasbetonszerkezetek készítésére.

A tartószerkezeti betonok szempontjából alapvetés, hogy az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány 6.4.2. szakasza értelmében a tartószerkezeti elem állékonysága és szilárdsága akkor megfelelő, ha a szerkezeti elem teherbírásának tervezési értéke (R_d) legalább akkora vagy nagyobb, mint az igénybevételek tervezési értéke (E_d):

$$R_d \geq E_d$$

A szerkezeti elemek tervezési értékének ezen általános összefüggése beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek betonjára az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerint a következő alakot ölti:

$$f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \lceil f_{cd} \rceil \geq f_{cd} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \left[\frac{N}{mm^2} \right], \quad \text{ahol:}$$

$f_{ck,cyl,test}$ = a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek tapasztalati (mért) nyomószilárdságának jellemző (karakterisztikus) értéke, [N/mm²] (MSZ 4798)

$f_{ck,cyl}$ = a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke, amely feszített vasbetonszerkezetek betonja esetén csak 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90 és 100 N/mm² valamelyike, vasbetonszerkezetek betonja esetén ezeken túlmenően 20 és 25 N/mm² valamelyike is lehet, betonszerkezetek betonja esetén mindezen túlmenően 8, 12 és 16 N/mm² valamelyike is lehet (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakasza és a 3.1. táblázat)

- f_{cd} = a beton – Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek értelmezett – nyomószilárdságának teherbírási tervezési értéke, [N/mm²] (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakasza)
- $\lceil f_{cd} \rceil$ = az f_{cd} teherbírási tervezési érték felfelé, a legközelebb álló, az $f_{ck,cyl}$ által felvehető kerek számra (például 30, 40, 45 stb.) kerekített értéke, miáltal: $\lceil f_{cd} \rceil = f_{ck,cyl}$
- γ_c = a beton biztonsági (parciális) tényezője osztott biztonsági tényező méretezési eljárás mellett, amelynek értéke tartós és ideiglenes beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek esetén $\gamma_c = 1,5$ (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakasz, 2.1.N táblázat)
- α_{cc} = tényező a tartós terhelés beton-nyomószilárdságra gyakorolt hatásának és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásoknak a figyelembevételére (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány NA8.1. nemzeti előírása a szabvány 3.1.6. szakaszához)
- σ_{cu} = a beton – az igénybevételből számított, a fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége, [N/mm²] (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 1.6. szakasza)

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata szerint a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengereknek a *tartószerkezet tervezése során számításba vett* (előírt) átlagos nyomószilárdsága:

$$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8 \text{ N/mm}^2, \text{ amelyből } f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 \text{ N/mm}^2 \text{ és}$$

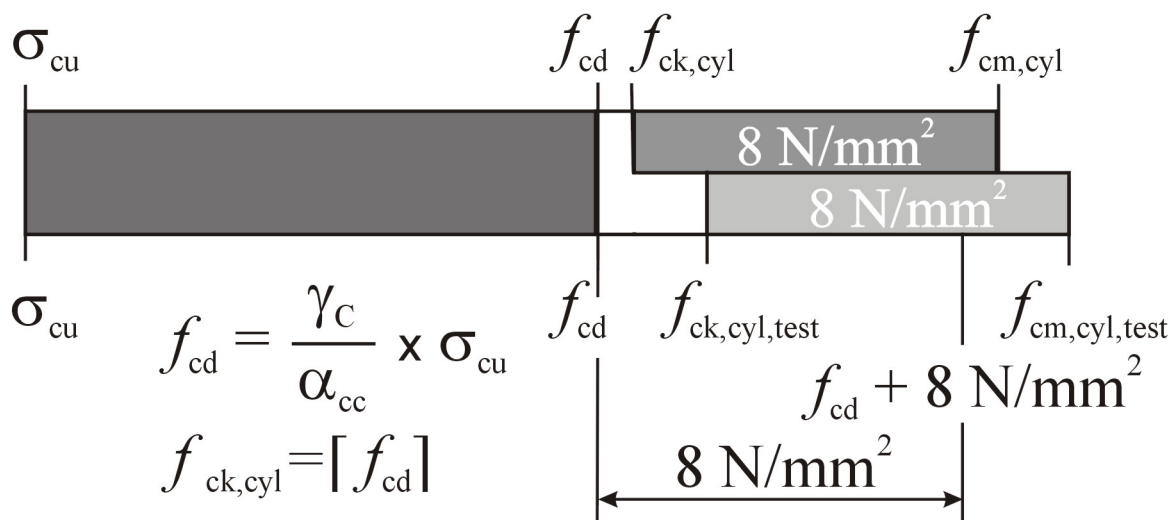
$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 \geq f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 = \lceil f_{cd} \rceil \geq f_{cd} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right],$$

majd a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek tapasztalati (mért) nyomószilárdságának a *tartószerkezet tervezése során számításba vett* átlagértéke (1.5.T3. ábra):

$$f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8 = \lceil f_{cd} \rceil + 8 = \left\lceil \left(\frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \right\rceil + 8 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right],$$

$$\text{vagy rövidebben: } f_{cm,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} + 8 = \left\lceil \left(\frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \right\rceil + 8 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right],$$

$$\text{illetve átrendezve: } f_{cm,cyl,test} - 8 = f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \left\lceil \left(\frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \right\rceil \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$



1.5.T3. ábra: Tartószerkezeti betonok nyomószilárdságának tervezési peremfeltételei

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D melléklete szerint kísérlettel – mint például a szabvány D3. fejezetében említett, a leszállított termékek azonosítása vagy minőség-ellenőrzése, illetve a gyártási jellemzők egyenletességének ellenőrzése, vagy a megépült tartószerkezet, tartószerkezeti elemek viselkedésének megismerése vagy ellenőrzése céljából végzett vizsgálatokkal – segített tervezés esetén a mért anyagjellemzők vagy modellparaméterek értékeléséhez figyelembe kell venni az eredmények szórását, a kísérletek számából származó statisztikai bizonytalanságot és az előzetes statisztikai ismereteket (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány D5. fejezete).

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza szerint „kísérlettel segített tervezés” esetén a vizsgálati eredményekből az $f_{ck,cyl,test}$ tapasztalati jellemző értékét az

$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} \times (1 - t_n \times s_{rel})$$

összefüggéssel lehet meghatározni, ahol:

$s_{rel} = s/f_{cm,cyl,test}$ a relatív szórás (variációs tényező, jele az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabványban: V)

s = szórás, [N/mm²]

t_n = az s_{rel} relatív szórás ismert vagy ismeretlen voltának és a vizsgálati eredmények n számának függvényét képező *Student*-féle alulmaradási tényező (jele az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabványban: k_n)

A *Student*-tényező értékei ismert s_{rel} relatív szórás esetén $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozólag az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza alatt a D1. táblázat felső sorában, ismeretlen s_{rel} relatív szórás esetén annak alsó sorában találhatók. Ezek az értékek bizonyos törvényszerűséggel eltérnek az egyébként elfogadott visszavont MSZ 256-2:1973 szabványban és az irodalomban (például: *Stange et al.* 1966) szereplő értékektől.

A betontechnológus az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint méretezett tartószerkezet építésére alkalmas beton összetételét az elérendő átlagos nyomószilárdságból ($f_{cm,cyl}$) kiindulva kell megtervezze. Az elérendő átlagos nyomószilárdság értékét az ($f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$) összefüggés felhasználásával kell meghatározni a beton nyomószilárdsági osztálya jelében szereplő $f_{ck,cyl}$ számértékből. Ha a betonösszetétel tervezési képletének független változója nem a 28 napos korú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű, nem csiszolt nyomott felületű próbahengerek $f_{cm,cyl}$, hanem a 28 napos korú, 150 mm élhosszúságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbakockák $f_{cm,cube}$, vagy vegyesen tárolt próbakockák $f_{cm,cube,H}$ átlagos nyomószilárdsága, akkor az utóbbiak ($f_{cm,cube}$, $f_{cm,cube,H}$) a próbahengerek előírt átlagos nyomószilárdságából ($f_{cm,cyl}$) az 1.5.T5. táblázatban szereplő átszámítási képletekkel számíthatók ki.

1.5.T5. táblázat: Összefüggések a 28 napos korú, 150 mm élhosszúságú, víz alatt, vagy vegyesen tárolt beton próbakockák előírt átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cube}$, $f_{cm,cube,H}$) a meghatározására a 28 napos korú, víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek előírt átlagos nyomószilárdságából ($f_{cm,cyl}$) [N/mm²]

Szerkezeti beton	Hagyományos szilárdságú		Nagyszilárdságú
Feszített vasbetonszerkezet	Nem alkalmazható		C30/37 – C100/115
Vasbetonszerkezet	Nem alkalmazható	C20/25 – C100/115	
Betonszerkezet	C8/10 – C100/115		
150 mm élhosszúságú próbakockák tárolási módja	Nyomószilárdsági osztály		
	C8/10 – C16/20	C20/25 – C50/60	C55/67 – C100/115
Víz alatt tárolás	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$
Vegyes tárolás	$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,74$	$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,75$	$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,77$

Lásd még: Bayes-féle megközelítés, Biztonsági tényező, Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Teherbírás, Tervezési érték

Taumazit

Angolul: Thaumaside

Németül: Thaumazit

A természetben is előforduló, szintelen, fehér hexagonális taumazit ásványt (1.5.T4. ábra) Nordenskiöld (Nordenskjöld) skandináv kutató fedezte fel 1878-ban²²². Az ásvány nevét – utalva a felfedezés váratlanságára – a *taumazen* görög szóból nyerte, azt jelenti, hogy meglepődni (Révay, 2001. június), (Révay, 2005), (Révay et al., 2006).

²²² Adolf Erik Freiherr von Nordenskiöld (1832, Helsinki – 1901, Dalbyö, Svédország) Svédországban tevékenykedett finn-svéd származású báró, stockholmi egyetemi tanár, Északi-sark kutató és expedíció-vezető, térképész és útikönyvíró. A taumazit felfedezéséről írt művének címe: Sur une nouvelle espèce minérale nommée thaumaside. C. R. Acad. Sci. Ser. 2. 1878. Paris 87, pp. 313-314.



1.5.T4. ábra: 14×14×11 mm méretű vulkanikus kőzetminta az üregeiben apró fehér taumazit kristályokkal. Lelőhely: Brohltal, Németország. Vásárolt kisméretű kőzetminta (2024)

Természetes ásványként a taumazit Magyarországon például a polgárdi Szár-hegy szilikátos ásványai között és például a Haláp-hegyi és Sarvally-hegyi bazaltkőfejtőkben fordul elő (*Fehér – Sajó*, 2003), (*Révay et al.*, 2006).

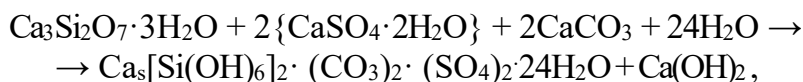
A taumazit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) összetett vegyület, amely a beton taumazit-szulfátkorrózióját (TSA: Thaumazite sulphate attack) okozza. A taumazit betonban kalcium-szilikátokból vagy ettringit közbejöttével kalcium-aluminátokból jöhet létre, elsősorban áramló, szulfáttartalmú talajvizek jelenlétében, karbonátos adalékanyag esetén, 15 °C hőmérséklet alatt, de a cement mennyiségétől és minőségétől, a beton minőségétől, geometriájától, környezeti helyzetétől stb. is függően (*Révay*, 2001. június), (*Révay*, 2005), (*Révay et al.*, 2006).

Révay (1995, 2005, et al., 2006) szerint az 1953-ban felavatott Népstadion vasbetonszerkezeteinek károsodásához nagyban hozzájárult a közeli Keleti pályaudvar gőzmozdonyai füstjének és a szomszédos gumigyárból áramló füstgázoknak a taumazit-korróziós hatása.

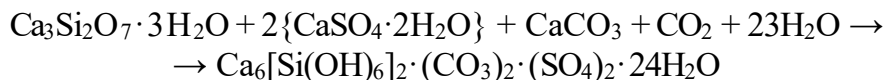
Lipus et al. (2006) tanulmányában olvashatjuk, hogy a taumazit a habarcs vagy beton szulfátos támadásának reakcióterméke, amely csak különleges körülmények között lép fel, mint egyrészt a szulfátot tartalmazó vizes támadóközeg, másrészt a szilikát és karbonát jelenléte, harmadszor általában alacsony (15 °C körüli) környezeti hőmérséklet.

A reakció közvetlen vagy közvetett lehet. *Közvetlen reakció* esetén a cementpép C-S-H fázisai (kalcium-szilikát-hidrát fázisok) reagálnak karbonát- és szulfáttionokkal, míg *közvetett reakció*

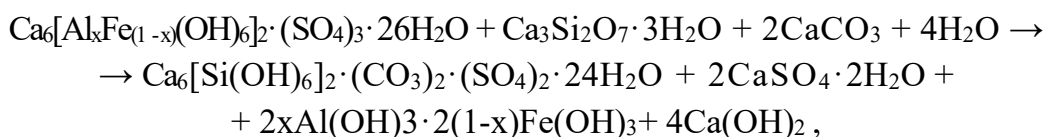
esetén a reakció a korábban képződött ettringittel megy végbe. A *közvetlen reakció* lassabb, mint a közvetett, mert kizárólag a diffúzió alapul (*Lipus et al., 2006*):



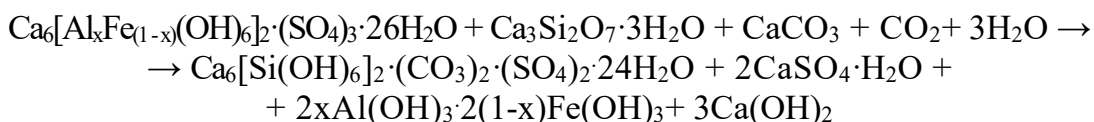
illetve:



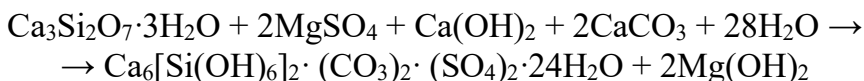
Ezzel szemben a *közvetett reakció* során taumazit-képződés felgyorsul, és a szerkezet duzzadásos károsodását (németül: Treibschaden) eredményezi. A taumazit ekkor jelentősen megnagyobbodott reakciófelületen képződhet (*Lipus et al., 2006*):



illetve:



Magnézium-szulfát jelenléte, illetve támadása fokozza a káros taumazit-képződést, ugyanis a vizes oldatban lehetőség nyílik a kalcium-szilikát-hidrát, a kalcium-hidroxid, a kalcium-karbonát és a magnézium-szulfát közötti közvetlen reakcióra, amelyben a taumaziton kívül brucit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) is képződik (*Lipus et al., 2006*):



Mivel a szilícium tartalmú C-S-H fázisok alkotják a cementkő szerkezetek többségét, elvileg a szerkezet nagy része taumazittá alakítható. A végeredmény az ilyen habarcsok vagy betonok teljes szilárdság-vesztése. A reakcióhoz szükséges karbonát forrása nem feltétlenül a cement vagy az adalékanyag, hanem a vízben oldott szén-dioxid (CO_2) vagy hidrogén-karbonát (HCO_3^-) és a levegő szén-dioxidja is lehet. (*Lipus et al., 2006*)

A káros taumazitképződés létrejötte és mértéke szempontjából nemcsak a cement fajtája, hanem a jelenlévő karbonát mennyisége, minősége és formája is fontos, különösen az adalékanyag tekintetében. Minél nagyobb a karbonát-tartalom és minél finomabbak a mészkőszemek, annál nagyobb a taumazit-képződés veszélye. A mészkő-adalékanyag minősége szempontjából nagy jelentősége van a tömörségnek és a tisztaságnak; a tömör, tiszta mészkőveknek kisebb a taumazit-képződési hajlama, mint a porózus és dolomitos mészkőveknek. (*Lipus et al., 2006*)

A gyakorlatban eddig több országban azonosítottak taumazit elváltozásokat. A legtöbb kár Nagy-Britanniából ismert, összesen mintegy 80. Ezek leggyakrabban hídalapokon és alagúthéjakon keletkeztek. Csúpn néhány taumazit-károsodásról ismert, hogy HS (high sulphate-resistant) szulfátálló portlandcementet használtak a betonkészítéshez. Általános tapasztalat azonban, hogy a kohósalakcementtel (CEM III/B) készült habarcsok és betonok rendelkeznek a legjobb szulfátállósággal. A közönséges portlandcement-betontól eltérően a szulfátálló betonokban a taumazit képződése lényegében közvetlen módon, azaz viszonylag lassan megy végbe. (*Lipus et al., 2006*)

Lásd még: Brucit, Ettringit, Szulfátduzzadás

Tárcsa

A vasbetonelméletben tárcsának nevezik azokat a sík lemezeket, amelyekre csupán a középfelület síkjába eső erők hatnak. A tárcsák méretezése során feltételezik, hogy a középfelület a teher hatására bekövetkező alakváltozás után is sík marad. A tárcsa olyan sík lemez, amely a síkjára merőleges vagy ferde hajlításnak nincs kitéve.

Tárolótér laboratóriumi levegőn

Tárolótér, amelyben a beton szilárdság vizsgálati próbatesteket vegyes tárolás esetén 7 napos kor után a vizsgálat időpontjáig szárazon tárolni kell: huzatmentes, $65 \pm 5\%$ relatív páratartalmú, 20 ± 2 °C hőmérsékletű zárt tér (DIN EN 12390-2:2001, Anhang NA.2; DIN EN 12390/A20:2015, Anhang NA.2). Más esetekre is ez a „laboratóriumi tárolótér”.

Távolsági tényező

A távolsági tényező az MSZ EN 480-11:2006 szabvány megfogalmazásában a cementkő bármely pontjának legnagyobb távolsága egy légbuborék felszínétől a cementkőön keresztül mérve.

Ha elfogadjuk, hogy a légbuborékok átmérője általában legfeljebb 0,75 mm (visszavont ÖNORM B 4720-1:2007 és ÖNORM B 3303:2002 osztrák szabvány)²²³, akkor a távolsági tényezőt a 0,75 mm-nél nem nagyobb névleges átmérőjű légpórusok eloszlás-jellemzőjeként foghatjuk fel. Arra nézve nem találtunk sem szabvány, sem irodalmi utalást, hogy a szakmai gyakorlatban a távolsági tényezőt a legfeljebb 0,300 mm méretű hatékony légbuborékok számításba vételével határoznák meg. A félreértések elkerülése érdekében célszerű a távolsági tényező jelében alsó indexben a meghatározásához számításba vett legnagyobb légbuborék mikronban kifejezett névleges átmérőjét megadni, például: $\bar{L}_{750}$.

Az idealizált cementkő-modellben a távolsági tényező a köbös térrács átlója mentén egymás mellett fekvő két légbuborék felülete közötti névleges távolság fele (19.6. és 19.7. ábra). Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy légbuborékfelszínhez érjen (Powers-féle elv).

Jele: $\bar{L}_{d_{\max}}$; a hazai szakirodalomban használják a t_t , azaz távolsági tényező jelet is (mm).

Mértékegysége: m, mm

Lásd még: Pórus

Technika, technológia, technológus, technikus

Az „Idegen szavak és kifejezések szótára” (Bakos szerk., 1973) szerint:

- a *technika* azoknak a módszereknek, eljárásoknak az összessége, rendszere, amelyekkel az ember a természet törvényeit a maga javára alkalmazni képes; mesterségbeli tudás, ügyesség, gyakorlat, készség; gyártási mód, eljárás; műszaki felszerelés, berendezés. Például: geotechnika (mint a talaj tulajdonságainak megismerésére és módosítására irányuló tevékenység).
- a *technológia* mindazon módszerek és eljárások összefoglaló elnevezése, amelyek révén nyers-, illetve alapanyagokból ipari készítményeket állítanak elő; valamely termék gyártási eljárásainak összessége. Például: betontechnológia (ha a betont nyersanyagnak tekintjük).
- a *technológus* a gyártási eljárásokat kidolgozó, irányító és ellenőrző műszaki szakember. Például: betontechnológus.

²²³ A légbuborékok átmérőjét szokták $\leq 1,0$ mm-re is venni.

A <https://www.profession.hu/szakmak/technikus> webhely szerint a *technikus* a gépek, berendezések és rendszerek karbantartásáért, javításáért és működésének felügyeletéért felelős műszaki szakember.

Technológiai alakíthatósági vizsgálat

Lásd: Acélhajlítási vizsgálat, Acélhajlítgatási vizsgálat

Teherbírás

A teherbírás az anyagnak vagy szerkezeti elemnek, terméknek az a tulajdonsága, hogy a hatásokból eredő igénybevételeket tönkremenetel nélkül viseli (MSZ EN 1990:2011). A teherbírás tervezési értéke (R_d), és ez meghaladja meg az igénybevétel tervezési értékét (E_d): $E_d \leq R_d$.

Mértékegysége: N (erő), illetve Nmm (nyomaték)

Teherbírás-biztonság

Lásd: Anyagszilárdsági alapok teherbírás-biztonsági méretezéshez, Szálerősítésű beton

Tehermentesítési rugalmassági modulus

A tehermentesítési rugalmassági modulus valamely, a σ - ε görbe lineáris szakaszán kívül végzett tehermentesítés és újra terhelés folytán keletkező hiszterézis hurok felszálló ága érintője hajlásszögének iránytangense vagy a hiszterézis hurok átlója hajlásszögének „iránytangense”. Megjegyzés: Az „iránytangens” nem „ $\tan$ ” értelmű.

Jele: E_b

Mértékegysége: N/mm² vagy MPa

Teljesítmény-állandóság értékelési és ellenőrzési rendszerek (röviden: TÁÉE)

Angolul: Systems of assessment and verification of constancy of performance (röviden: AVCP)

Németül: Systeme zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeiten (röviden: AVCP-Verfahren)

A teljesítmény állandóságának értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszerek tartalmát a 305/2011/EU rendelet V. mellékletében szabályozták, amelyre a 275/2013 (VII.16.) Korm. rendeletnek az építési termékek betervezési és beépítési feltételeit meghatározó rendelkezéseit is alapozták.

A minőség vizsgálati és tanúsítási feladatok a gyártó, a bejelentett terméktanúsító vagy gyártásellenőrzés-tanúsító szerv, illetve a bejelentett vizsgáló-laboratórium között oszlanak meg (1.5.T6.. táblázat).

1.5.T6. táblázat: Feladat-megoszlás a 305/2011/EU rendelet szerinti teljesítmény-állandóság értékelési és ellenőrzési rendszerben (TÁÉE)

Teljesítmény-állandóság értékelési és ellenőrzési rendszerek jele	1+.	1.	2+.	3.	4.
Gyártó feladata					
Típusvizsgálat végzése	igen	igen	igen	igen	igen
Teljesítménynyilatkozat kiadása	igen	igen	igen	igen	igen
Terméktípus meghatározása típusvizsgálat alapján	–	–	igen	–	igen
Üzemi gyártásellenőrzés	igen	igen	igen	igen	igen
További gyárban vett minták vizsgálata	igen	igen	igen	–	–
Bejelentett terméktanúsító szerv feladata					
Teljesítmény-állandósági tanúsítvány kiadása	igen	igen	–	–	–
Terméktípus meghatározása típusvizsgálat alapján	igen	igen	–	–	–
Üzem és üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálata	igen	igen	–	–	–
Üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete	igen	igen	–	–	–
EU piacon forgalmazott minták megelőző vizsgálata	igen	–	–	–	–
Bejelentett gyártásellenőrzés-tanúsító szerv feladata					
Gyártásellenőrzés megfelelőségi tanúsítvány kiadása	–	–	igen	–	–
Üzem és üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálata	–	–	igen	–	–
Üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete	–	–	igen	–	–
Bejelentett vizsgáló-laboratórium feladata					
Teljesítménynyilatkozat kiadása	–	–	–	–	–
Terméktípus meghatározása típusvizsgálat alapján	–	–	–	igen	–

Harmonizált szabványok esetén a ZA mellékletben írják elő, hogy a szóban forgó termék minőségét mely TÁÉE-rendszerben kell értékelni, illetve tanúsítani. Például:

- az MSZ EN 197-1:2011 szabvány ZA melléklete szerint az általános felhasználású *cementek* az 1. jelű,
- az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány ZA melléklete szerint a *betonadalékanyagok*, beleértve a *kőliszteket* is, a 2+ jelű,
- az MSZ EN 13055:2016 szabvány szerint a *könnyű adaléklanyagok*, beleértve a *kőliszteket* is, minőségellenőrzése biztonsági követelményeinek szintjét a tagállamok kell meghatározni. A szabvány ZA melléklete szerint a könnyű adalékanyagok és kőlisztek szigorú biztonsági követelmények alkalmazása esetén a 2+ jelű (a szabvány ZA.3.1 táblázata), azok nélkül a 4. jelű (a szabvány ZA.3.2 táblázata),
- az MSZ EN 13139:2006 szabvány ZA melléklete szerint a *habarcsadalékanyagok*, beleértve a *kőliszteket* is, a 2+ jelű,
- az MSZ EN 934-2:2009+A1:2012 szabvány ZA melléklete szerint a *betonadalékszerek* a 2+ jelű,
- az MSZ EN 934-5:2008 szabvány ZA melléklete szerint a *lőttbetonok adalékszerei* a 2+ jelű,
- az MSZ EN 10080:2005 szabvány ZA melléklete szerint a *betonacélok* az 1. jelű,
- a prEN 10138-1:2000 szabvány ZA melléklete szerint a *feszítő acélok* az 1. jelű,
- az MSZ EN 13369:2024 szabvány vonatkozási körébe tartozó előregyártott szerkezeti betontermékek a termékszabványaik szerint a 2+ jelű, az előregyártott nem szerkezeti és könnyű betontermékek (például kerítéselemek, átereszek) a termékszabványaik szerint a 4. jelű

teljesítmény-állandóság értékelési és ellenőrzési rendszerbe (TÁÉE) tartoznak.

A friss beton MSZ EN 206:2013+A2:2021 és következésképpen MSZ 4798:2016 szabványa nem harmonizált szabvány, nincs ZA melléklete, ezért az MSZ 4798:2016/3M:2021 szabvány 10.2. szakaszának (2) bekezdésében írták elő, hogy „az MSZ 4798 szerint friss betont gyártó üzemeknek vagy üzemegységeknek a 305/2011/EU rendelet V. melléklete szerinti 2+. jelű tanúsított teljesítményállandóság értékelési és ellenőrzési rendszert kell működtetniük. Az MSZ 4798 jelzet csak azon betonok jelében, megnevezésében vagy valamely tulajdonságának megjelölésében szerepelhet, amelyek 2+ rendszerben tanúsított üzemben vagy üzemegységben készültek.”

Fontos megjegyezni, hogy valamely termék tanúsítása a termék tulajdonságainak tanúsítását jelenti, és nem terjed ki a termék alkotóanyagainak tanúsítására. A cement tanúsítása által például a mészkő, a friss beton tanúsítása által a cement vagy az adalékanyag, az előregyártott elem tanúsítása által a beton vagy az acélbetét nem válik tanúsítottá, ezek minőségét a saját szabványaik szerint kell tanúsítani; függetlenül attól, hogy a terméket és a termék alkotóanyagát egy és ugyanaz, vagy két különböző társaság (gyár, üzem) gyártja.

Teljesítmény-állandóság igazolás

A teljesítmény-állandóság igazolás tulajdonképpen a 2013. július 1. előtti megfeleléség igazolás új formája (megnevezése).

Lásd még: Teljesítmény-állandóság értékelési és ellenőrzési rendszerek

Teljesítmény-nyilatkozat

Számos esetben egybeírják: teljesítménynyilatkozat

A teljesítmény-nyilatkozat az építési termék gyártója által kiállított olyan dokumentum, amely az építési termék teljesítménynek²²⁴ nevezett tulajdonságait a termékre vonatkozó műszaki előírásnak megfelelően, hitelesen igazolja (275/2013. (VII. 16.) Korm. rend. 2. § 15. pont).

Magyarán: Az építési termék tulajdonságait igazoló jegyzék, más szóval műszaki adatlap.

Lásd még: Teljesítmény-állandóság értékelési és ellenőrzési rendszerek, Teljesítőképesség

Teljesítőképesség

Az angol „performance” főnév szó szerinti fordítása a szabványosítási és jogalkotási gyakorlatban. Helyette szinonimaként szívesebben használjuk, használnánk a „minőség”, „tulajdonság” (lásd az MSZ 4798:2016 szabvány címét) vagy a „használati érték” kifejezést.²²⁵

²²⁴ A teljesítmény fogalmán az idő egység alatt végzett munkát (erő×út) értjük (Juhász et al., 1972). A mozdulatlan testnek nincs teljesítménye; az anyag, építőanyag, beton stb. teljesítményéről és teljesítmény-nyilatkozatáról beszélni helytelen.

²²⁵ A „teljesítőképesség” az MSZ IEC 50(191):1992 nemzetközi elektrotechnikai szabvány szerint műszaki kapacitás; a terméknek az a képessége, hogy adott mértékű szolgáltatási igényt elégít ki adott belső feltételek között. Belső feltétel például a hibás és nem hibás részegységek valamilyen kombinációja. Angolul: Capability; németül: Leistungsfähigkeit.

Ilyen értelemben a teljesítőképesség fogalmának anyagtani használata bár nem szerencsés, de szabvány- és jogi környezetben kényszerűségből akár el is fogadható (például nagy-teljesítőképességű beton).

Ugyanakkor a teljesítőképességet a teljesítménnyel összetéveszteni hiba. Amíg az anyag, építőanyag, beton stb. teljesítőképessége fentiek szerint még értelmezhető, addig a mozdulatlan anyag, építőanyag, beton stb. teljesítményéről és teljesítmény-nyilatkozatáról beszélni mindenképpen bántó, helytelen.

Teljes nyúlás, acél és betonacél teljes nyúlása

Teljes nyúlás = Rugalmas nyúlás + Maradó nyúlás

A fémek, így az acélok vagy betonacélok bármely teherhez tartozó nyúlása felbontható rugalmas nyúlásra és maradó nyúlásra, és ebben az értelemben e kettő összege tekinthető az adott teherhez tartozó teljes nyúlásnak. Az így értelmezett teljes nyúlás (teljes hosszváltozás, teljes alakváltozás, betonok esetén teljes összenyomódás stb.) rugalmas része a kezdeti és a tehermentesítési rugalmassági modulus meghatározásában játszik döntő szerepet. A maradó nyúlásnak a fémek, így az acélok alakíthatósága, a betonacél hajlíthatósága (például tört vonalú betonacélok, kampók, emelőhorgok készítése) szempontjából van jelentősége.

A szakadási nyúlást – zavaró módon – olykor teljes nyúlásnak nevezik. A teljes nyúlás kifejezést ne használjuk a szakadási nyúlás szinonimájaként, mert a teljes nyúlás nem csak a szakadáshoz, hanem a legnagyobb terheléshez is tartozhat, a szakadási nyúlás pedig teljes nyúlás is és maradó nyúlás is lehet.

A legnagyobb terheléshez tartozó teljes nyúlás jele például a visszavont MSZ 105-1:1987 szabványban, az MSZ EN ISO 6892-1:2020, MSZ EN 10080:2005, MSZ EN ISO 15630-1:2020 szabványban, a DIN 488 szabványsorozatban, valamint a prEN 10138-1:2000 és E DIN EN 10138-1:2000 (Entwurf) szabványtervezetben: A_{gt} ; továbbá az MSZ/T 339:2012 szabványtervezetben, az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ 1992-1-2:2013 szabványban, és a visszavont DIN 1045-1:2008 szabványban: ε_u .

A fémek alakváltozásával *Rejtő Sándor* professzor kétkötetes műben foglalkozott (*Rejtő*, 1919 és 1924), ezek első kiadása 1915-ben jelent meg.

Lásd még: Acél hajlíthatósága, Szakadási nyúlás, Teljes nyúlás legnagyobb terheléskor, Teljes nyúlás szakadáskor

Teljes nyúlás legnagyobb terheléskor

Angolul: Total extension at maximum force

Németül: Gesamtdehnung bei Höchstkraft

A fémek, így a betonacélok legnagyobb terheléshez tartozó teljes nyúlásának értékét nyúlásmérővel meghatározott szakítódigramból (σ - ε görbéből) lehet a következő képlettel kiszámítani (MSZ EN ISO 6892-1:2020):

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100$$

ahol:

L_e = a nyúlásmérő kezdeti mérőhossza;

ΔL_m = a nyúlás legnagyobb terheléskor

Az MSZ EN 10080:2005 szabvány 7.2.3.1. és 8.5.2. szakasza szerint az A_{gt} előírt jellemző értékének $C_v \leq A_{gt} - k \times s$ összefüggésében k a szabvány 17. táblázata szerinti alulmaradási tényező, s pedig a legnagyobb terheléshez tartozó százalékos teljes nyúlás (A_{gt}) tapasztalati szórása.

Jele: A_{gt}

Lásd még: Betonacél maradó és teljes szakadási nyúlása

Teljes nyúlás szakadáskor (teljes szakadási nyúlás)

A betonacél teljes (rugalmas és maradó) szakadási nyúlásán *elvileg* a jeltávolságnak a szakadás pillanatában mért teljes és eredeti értéke különbségének ($L_e - L_0$) az eredeti jeltávolságra (L_0) vetített százalékát értjük (1.5.B3. ábra):

$$A_t = 100 \times \frac{L_e - L_0}{L_0}$$

A teljes szakadási nyúlást hagyományos kézi hosszváltozás-mérési módszerrel és – a próbatestre illesztett nyúlásmérő műszer tönkremenetelének kockáztatása nélkül – nyúlásmérő műszerrel meghatározni nem lehet, ezért szakadási nyúlás esetén:

- L_e csak a próbatest befogások közötti, a szakadás pillanatában mért hosszaként;
- L_0 csak a próbatest befogások közötti, a kezdeti terhelés pillanatában mért hosszaként

értelmezhető.

Lásd még: Teljes nyúlás legnagyobb terheléskor

Tempcore-eljárás

Lásd: Betonacél megleghengerlése

Tenzométer

A tenzométer az egyenlőtlen karú emelő elvén működő különféle emeltyűs hosszváltozásmérő eszközök neve.

A legnevezetesebb hosszváltozásmérő műszer az *Arnold U. Huggenberger*²²⁶ által kifejlesztett, többféle változatban gyártott tenzométer, amelynek működési elve jól követhető például *Weiss György*²²⁷ háromkötetes méréstechnikai munkájának I. kötetében (*Weiss*, 1974, I. kötet) található (1.5.T5. és 1.5.T6. ábra), vagy például az *Erich Siebel* szerkesztette „Handbuch der Werkstoffprüfung” című többkötetes mű I. kötetében (*Siebel* szerk., 1. kötet, 1940) található (1.5.T5. és 1.5.T7. ábra) ábrákon.

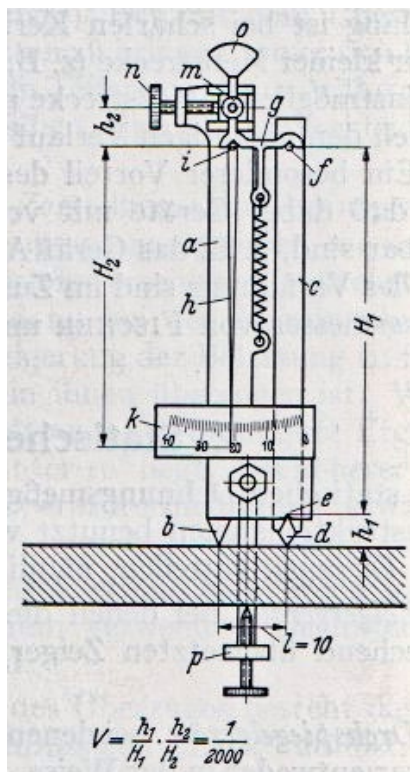
Az 1.5.T5. ábrán látható „A” típusú *Huggenberger*-féle tenzométer az elődök hasonló szerkezetű nyúlásmérő műszereinek továbbfejlesztett, ma széleskörben betonok vizsgálatára

²²⁶ *Arnold U. Huggenberger* svájci gépészmérnök 1895. június 26-án született Zürichben, gépészmérnöki diplomát az ETH Műszaki Főiskolán (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich) szerzett. A diploma megszerzése után 4 évig *prof. dr. A. Stodola* asszisztenseként dolgozott és doktorált. Az általa megalkotott egyenletek és képletek pontosságának mérésekkel történő ellenőrzése érdekében többek között kidolgozta a mechanikus nyúlásmérőt, amelyet „tenzométer” néven nagy pontosságú és kézre álló mérőeszközként széles körben használnak világszerte. A gátak ellenőrzésére szolgáló mérőműszereket 1923-ban kezdte készíteni, és 1964 végére már több, mint 100 gátat szereltek fel velük Svájcban és külföldön. A mérőeszközök fejlesztése és gyártása terén végzett munkássága elismeréseként *Dr. sc. techn. Arnold Huggenberger* 1953-ban a Karlsruheni Műszaki Egyetem elődje, a Karlsruheni Műszaki Főiskola (Technische Hochschule Karlsruhe) tiszteletbeli szenátorrá (tanácsossá) nevezte ki. (<https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=sbz-002:1965:83::401>)

²²⁷ *Weiss* (máshol *Weisz*) *György* (1904, Szombathely - ?, Budapest) okl. építőmérnök, aki legutóbb az Építőipari Minőségellenőrző Intézet (EMI) kutatója volt. Mérnöki oklevelét 1931-ben, a Magyar kir. József Műegyetemen szerezte. Egyetemi doktori fokozatot a Budapesti Műszaki Egyetemen 1975-ben, „A cement hidratációjánál felszabaduló hő hatásának a vizsgálata” című értekezésével, *summa cum laude* minősítéssel nyert. Az aranyoklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen 1981 szeptemberében vette át (A Jövő Mérnöke. XXVII. évfolyam. 24. szám. 1981. szeptember 5. p. 2.). Vállalkozóként 1947-ben kivitelezte az újjáépített szentgotthárdi és rumi Rába-híd alépitményét és pályaszerkezetét (*Tóth*, 2015). A Budapesti Lakásépítési Szövetkezet nyugalmazott főmérnökeként feltalálója volt a Vaskút Bácska Mgtsz. által gyártott „Hőstop” elnevezésű szárazvakolat-rendszernek (Petőfi Népe. XLI. évfolyam. 143. szám. 1986. június 19. p. 3.).

Szakirodalmi alkotásai közül kiemelkedik a „A betonozás technológiája” című (Közlekedési Kiadó, 1952) és a három kötetes „Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret” című (Építésügyi Tájékoztatási Központ, 1974-1976) könyve.

alkalmazott változata. Nagyítása mintegy 2000-szeres, mérési alaphossza 10 mm. A pontos mérés a főkaron (c) lévő kettős mérőék (d) műszervázon (a) lévő gondosan köszörült ágyazatának köszönhető. Az ellensúllyal (o) kiegyensúlyozott és a tapintócsavarral (n) kinullázható mutatókar (h) a műszervázra (a) támaszkodó csuszkán (m) nyugszik. A műszer a mérendő anyaghoz – ha egyáltalán van rá lehetőség – szorítóbilinccsel (p) rögzíthető. (Siebel szerk., 1. kötet, 1940)

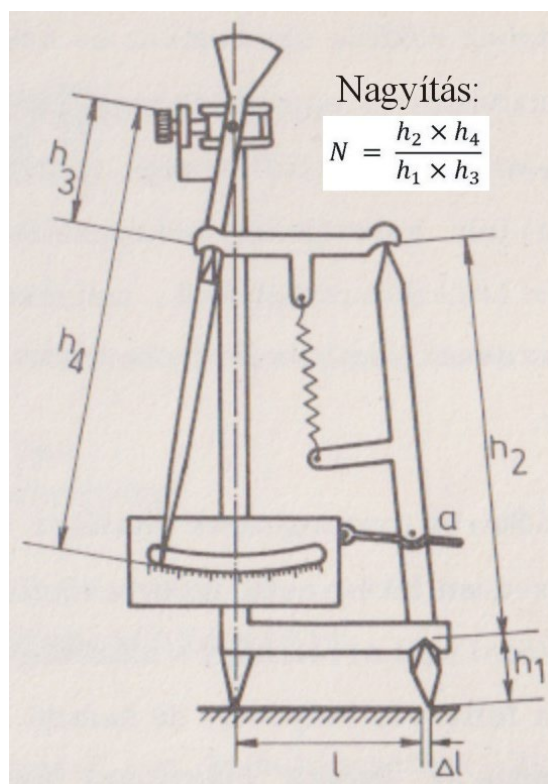


Jelölések:

- a) műszerváz
- b) rögzített mérőék
- c) főkar a kettős mérőékekkel
- d) kettős mérőék a főkar alsó végén
- e) csésze a műszervázon
- f) keresztcsap a főkar felső végén
- g) kengyel
- h) mutatókar
- i) keresztcsap a mutatókaron
- k) tükörskála (paralaxis hiba elkerüléséhez)
- l) mérési alaphossz
- m) mutatókar csuszka
- n) tapintócsavar a mutatókar csuszka beállításához
- o) a mutatókar ellensúlya
- p) szorítóbilincs

1.5.T5. ábra: „A” típusú Huggenberger-féle tenzométer vázlata (Siebel szerk., 1. kötet, 1940), (Weiss, 1974, I. kötet)

Az 1.5.T6. és 1.5.T7. ábrán látható „B” típusú, mintegy 1200-szoros nagyítású Huggenberger-féle tenzométer mérési alaphossza 10 vagy 20 mm. A karos támasszal (i) rendelkező műszert a mérendő anyaghoz feszítő huzallal (k) lehet rögzíteni. (Siebel szerk., 1. kötet, 1940)



Az anyag alakváltozása során a h_1 magasságú kettős ékkel együtt elforduló h_2 hosszúságú kar elmozdulását egy rugóval feszített himba holtmozgás nélkül viszi át az egykarú emelőre, amely az elmozdulás értékét tovább nagyítja. (Weiss, 1974, I. kötet)

Jelölések:

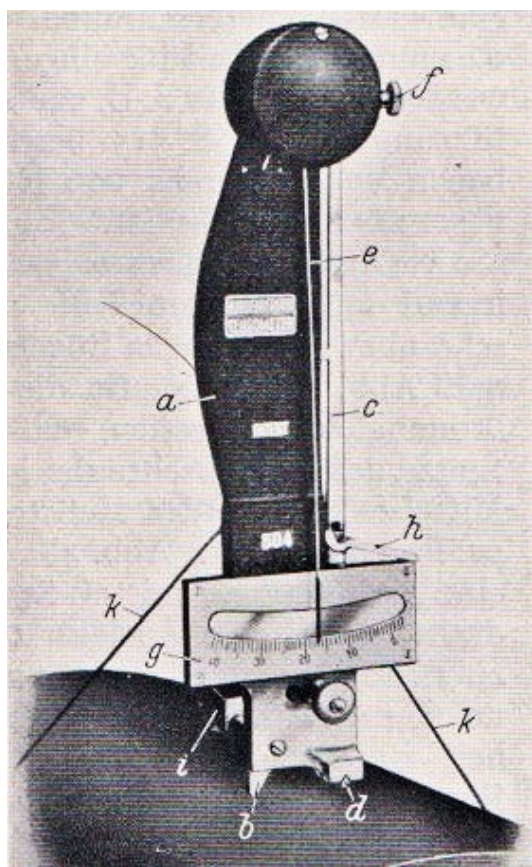
h_1 és h_2 a főkar két karjának hossza

h_3 és h_4 a mutatókar két karjának hossza

l = mérési alaphossz

Δl = hosszváltozás

1.5.T6. ábra: „B” típusú Huggenberger-féle tenzométer vázlata (Weiss, 1974, I. kötet)



Jelölések:

a) műszerváz

b) 10 vagy 20 mm-es mérési alaphosszra állítható rögzített mérőék

c) főkar

d) kettős mérőék a főkar alsó végén

e) mutatókar

f) tapintócsavar a mutatókar nullára állításához

g) tükörskála (paralaxis hiba elkerüléséhez)

h) rögzítőszerszám

i) karos támasz

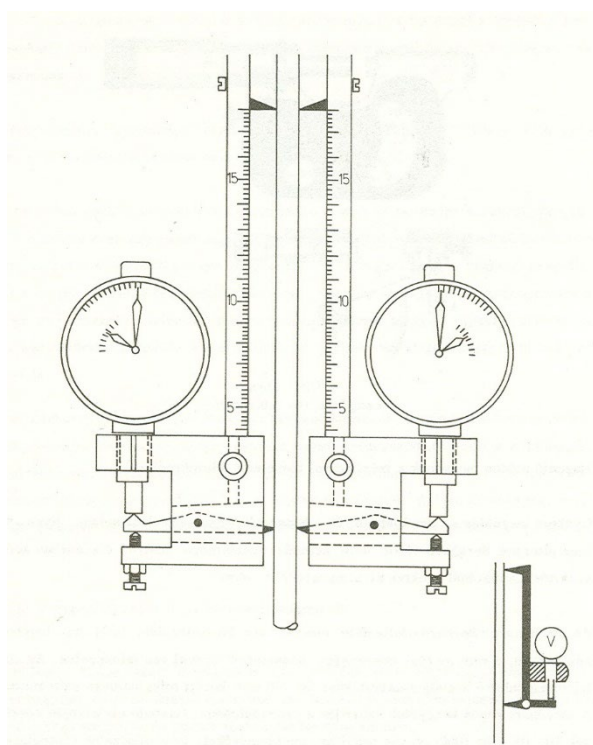
k) feszítő huzal

1.5.T7. ábra: „B” típusú Huggenberger-féle tenzométer fényképe (Siebel szerk., 1. kötet, 1940)

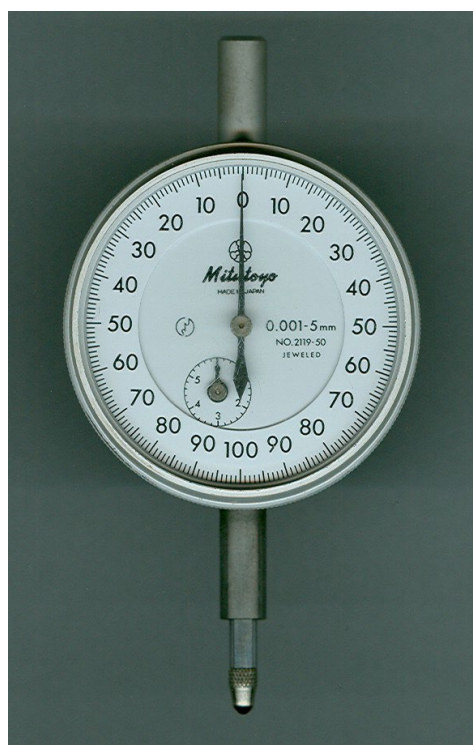
Az Anyagvizsgálók Közlönye²²⁸ VI. évfolyam. 4. számának – 1928. szeptember-októberi számának – 214. oldalán jelent meg a hír, hogy 1928. október 8-án az egyesület egyetemes szakülésén *dr. Huggenberger* svájci mérnök a *Huggenberger*-féle „tensometer” használatáról tartott előadást.

1932 májusában a *Technika*²²⁹ című lap XIII. évfolyam 5. számának 102. oldalán szemlézték a *ZVDI Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* című folyóirat 76. kötetének 417. oldalát, ahol arról írtak, hogy az *A. U. Huggenberger* „tágulásmérőkészülékkel” állandón megfigyelik a nagyfontosságú építményeket (például völgyzárógátakat), hogy az esetleges süllyedéseket vagy más okból előálló változásokat idekorán észrevehessék, és a katasztrófáknak elejét vehessék.

A betonacélok és feszítő huzalok szakítóvizsgálatára elterjedt tenzométer az *1.5.T8. ábrán* látható emelő-áttételes *Bernhard-Holle*-féle kétórás nyúlásmérő, amelynek karjaira mérőórák (*1.5.T9. ábra*) illeszthetők. A mérőpárt rugós kengyelek szorítják az acél próbapálcához. (*Weiss, 1974, I. kötet*)



1.5.T8. ábra: A két indikátor órás mechanikus nyúlásmérő elrendezési rajza. (*Weiss, 1974, I. kötet*)

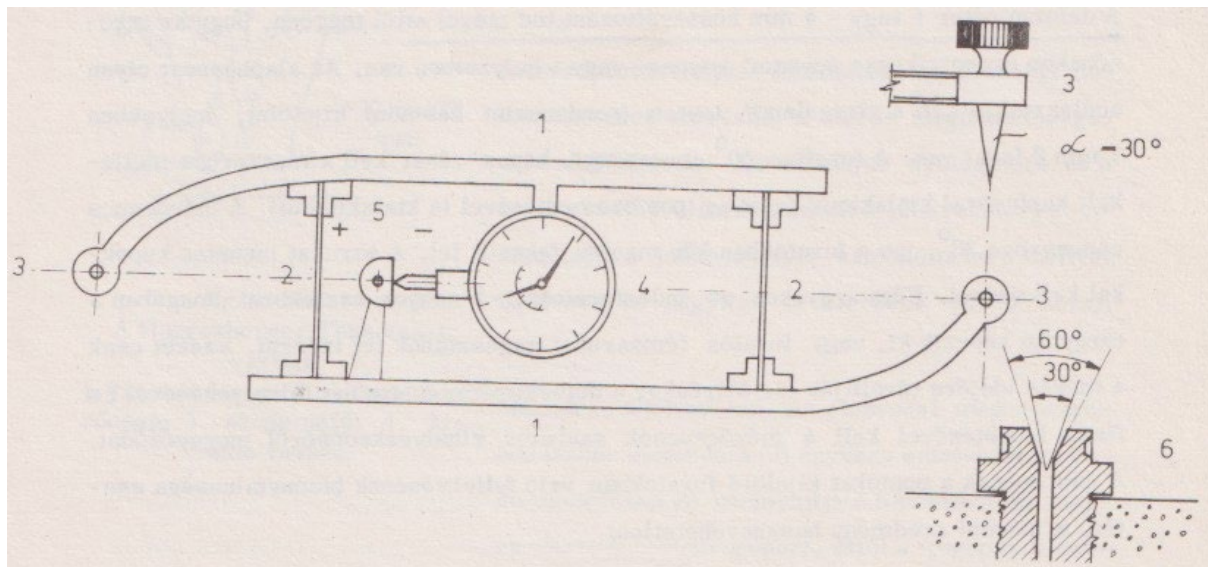


1.5.T9. ábra: Elmozdulás mérő indikátor mérőóra

²²⁸ Az Anyagvizsgálók Közlönye a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének volt a kiadványa. A szerkesztőség a Királyi József Műegyetem gépészmérnöki Mechanikai Technológia Intézetében működött, a felelős szerkesztő *dr. Misángyi Vilmos* műegyetemi tanár volt..

²²⁹ A *Technika* című lap a Magyar Mérnökök és Építészek Nemzeti Szövetségének és a Hungária Magyar Technikusok Egyesületének volt a hivatalos lapja. A kiadó hivatal a Műegyetemen működött, főszerkesztő *dr. Pattantyús Á. Géza* műegyetemi tanár volt.

Hosszú idejű alakváltozás-vizsgálatokhoz előnyösen alkalmazhatók a hordozható, a mérendő anyagról mérés után leemelhető műszerek, mint például a *Huggenberger*-féle deforméter (1.5.T10. ábra) és a Demec (Demountable Mechanical Strain Gauge) hordozható mechanikus tenzométer (1.5.T11. ábra).



1.5.T10. ábra: *Huggenberger*-féle deforméter vázlata (Weiss, 1974, I. kötet). Jelölések: 1) invar²³⁰ mérőrúd, 2) acél lemezrugó, 3) mérőcsúcs, 4) indikátor óra, 5) ütközőbak központosan ágyazott ütközővel, 6) mérősarú

A *Huggenberger*-féle deforméterrel a vizsgálandó anyagba beépített mérősaruk közötti hosszváltozás hosszabb időközben ismételten mérhető, mert a mérősaruk adott csúcshögű furata a mérőcsúcsok pontos visszahelyezését teszi lehetővé. A műszer indikátor órája a fajlagos hosszváltozást mutatja. A mérőhossz beállítását invar etalon könnyíti meg. (Weiss, 1974, I. kötet)

²³⁰ Az „invar” latin eredetű kifejezés, amely elhanyagolható hőtágulású ötvözetet (általában vas és nikkel ötvözetet) jelent. (Bakos szerk., 1973)



1.5.T11. ábra: Demec tenzométer

A hordozható Demec hosszváltozásmérő tenzométert az Egyesült Királyság-beli Cement és Beton Egyesület (Cement and Concrete Assotiation) fejlesztette ki. A készülék a kúpos mérőcsapokkal ellátott invar mérőrúdhoz erősített hagyományos vagy digitális indikátor órából áll. Az egyik mérőcsap rögzített, a másik mérőcsap elforduló, amelynek elforgulását az indikátor óra méri. Az előfűrt, rozsdamentes acélanyagú mérősarukat a betonfelületen az invar etalonnal kijelölt helyre ragasztják. Ha a Demec készüléket acélszerkezet hosszváltozásának mérésére használják, akkor a mérősarukat helyettesítő furatok közvetlenül az acélba fúrhatók (<https://www.mastrad.com/demecsg.htm>).

Ajánlott olvasmány: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/170-hosszmeres.pdf>.

***t*-eloszlás, *Student*-eloszlás²³¹**

A *t*-eloszlás a *Gauss*-féle normális-eloszláshoz hasonló eloszlás, amely az n mintaszámnak is függvénye. Esetünkben a *Student*-féle *t*-eloszlás szabadságfoka: $f = n - 1$. Ha $n \rightarrow \infty$, akkor a *Student*-féle *t*-eloszlás a *Gauss*-féle normális-eloszláshoz tart (1.5-12 – 1.5.T17. ábra). A *Student*- vagy *t*-eloszlás sűrűségfüggvényének alakja a következő (Hartung et al., 2009), (Mosostory, 2002), (Rényi, 1966), (Vincze E., 1972), (Vincze I. szerk., 1958), (Vincze I. 1968):

²³¹ A *Student*-eloszlást William Sealy Gosset (1876, Canterbury, Kent – 1937, Beaconsfield, Buckinghamshire) angol statisztikus írta fel, és 1908-ban *Student* álnéven publikálta (*Student*, 1908), (Zabell, 2008). *W. S. Gosset* – aki a *Student*-eloszlást a „*t*” betűvel jelölte, ezért azt *t*-eloszlásnak is nevezzük – 1899-ben a világhírű dublini Guinness sörfőzdében helyezkedett el. Itt dolgozta ki matematikai statisztikai módszerét az árpa minőség vizsgálati eredmények értékelésére. Minthogy korábban egy másik munkatárs publikációjával kárt okozott a Guinness sörfőzdének, megtiltották az alkalmazottaknak, hogy tanulmányokat tegyenek közzé. Ez az oka annak, hogy *W. S. Gosset* „*Student*” álnéven írt.

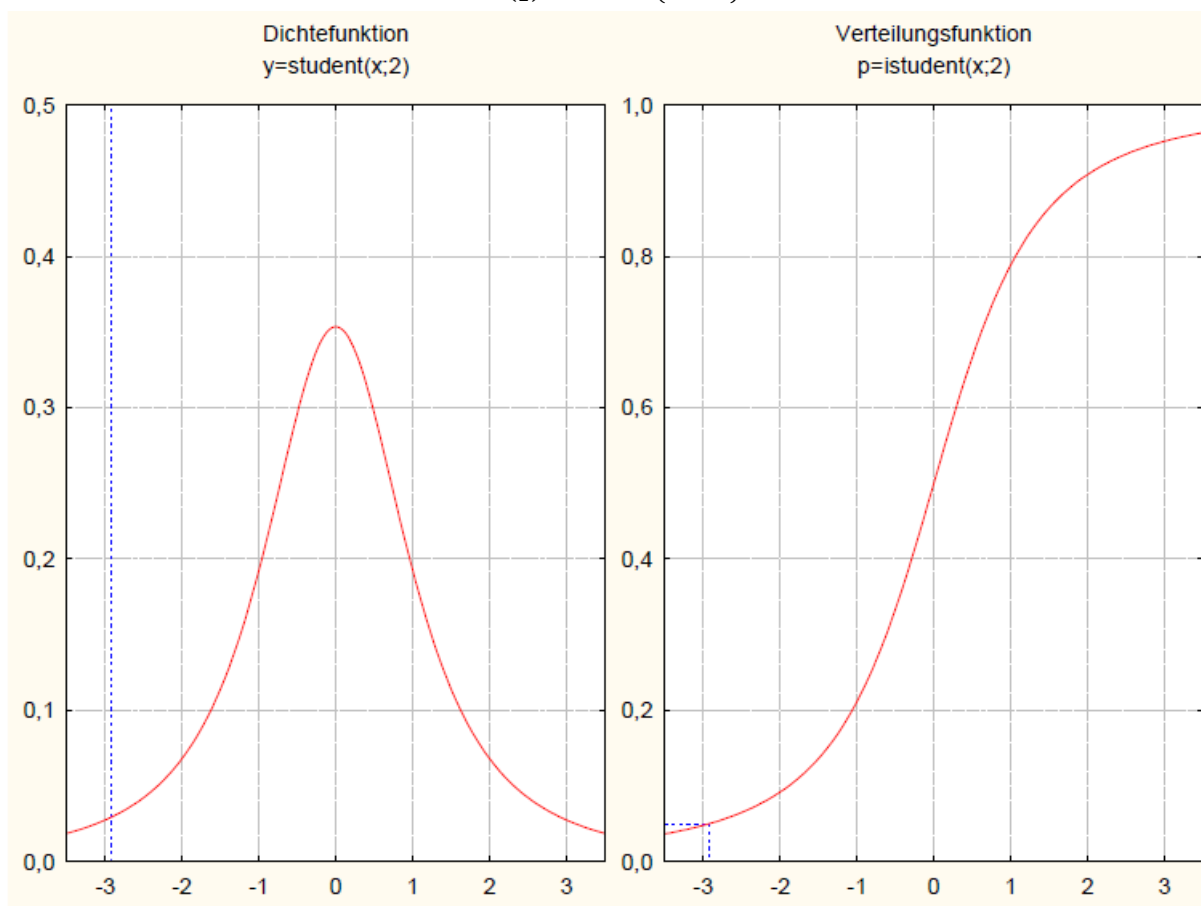
$$f_{(n-1)}(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right) \sqrt{\pi \cdot (n-1)}} \cdot \left(1 + \frac{t^2}{(n-1)}\right)^{-\frac{n}{2}}$$

ahol n a mintaelemek számát és Γ a gamma-függvényt jelöli, amelyben $t = -\log x$:

$$\Gamma_{(n)}(t) = \int_0^{\infty} t^{n-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$$

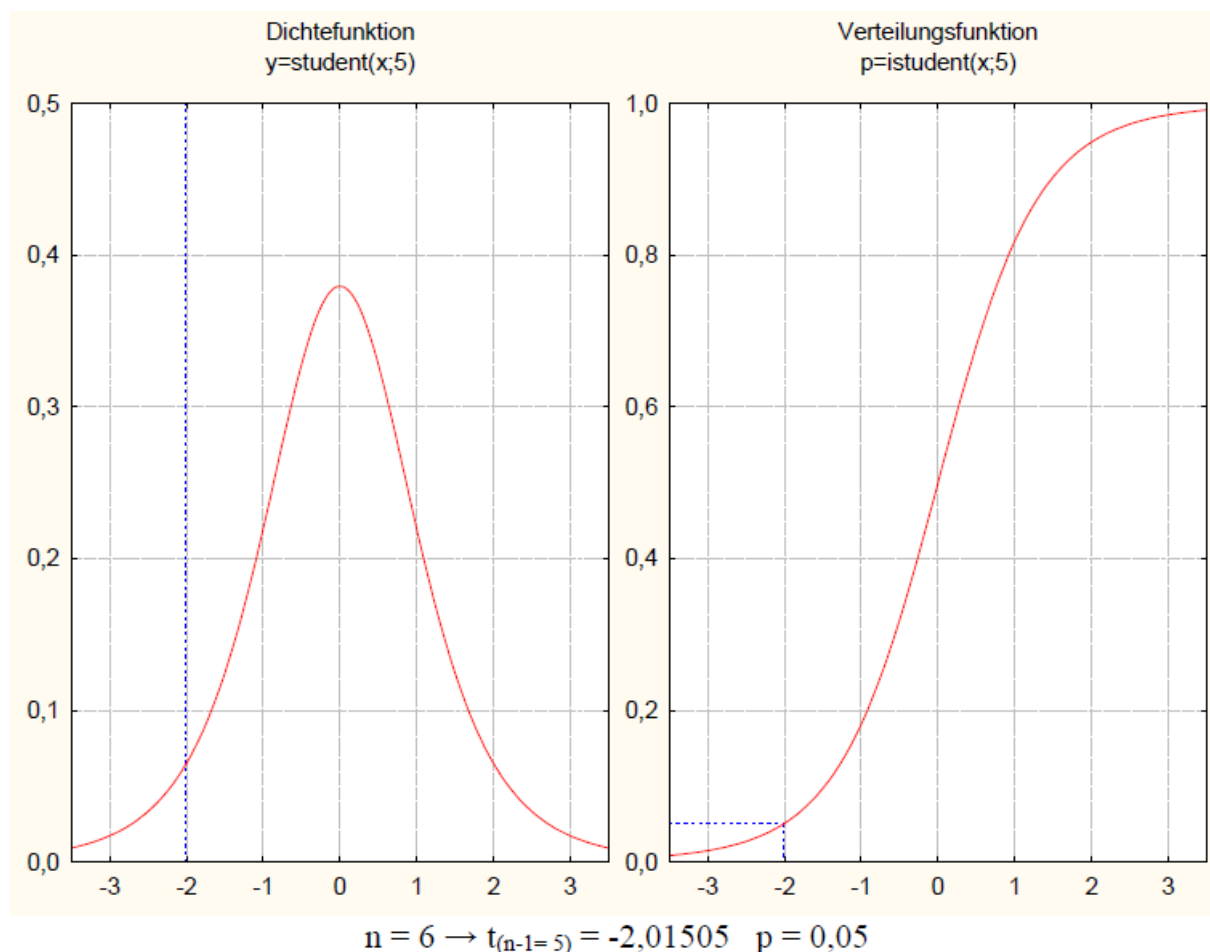
A t -eloszlás eloszlásfüggvényének alakja (Vincze I. 1968):

$$P(t_n < x) = \frac{1}{\sqrt{n}} \times \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \times \int_{-\infty}^x \frac{dx}{(1+x^2)^{\frac{n+1}{2}}}, \quad -\infty < x < +\infty$$

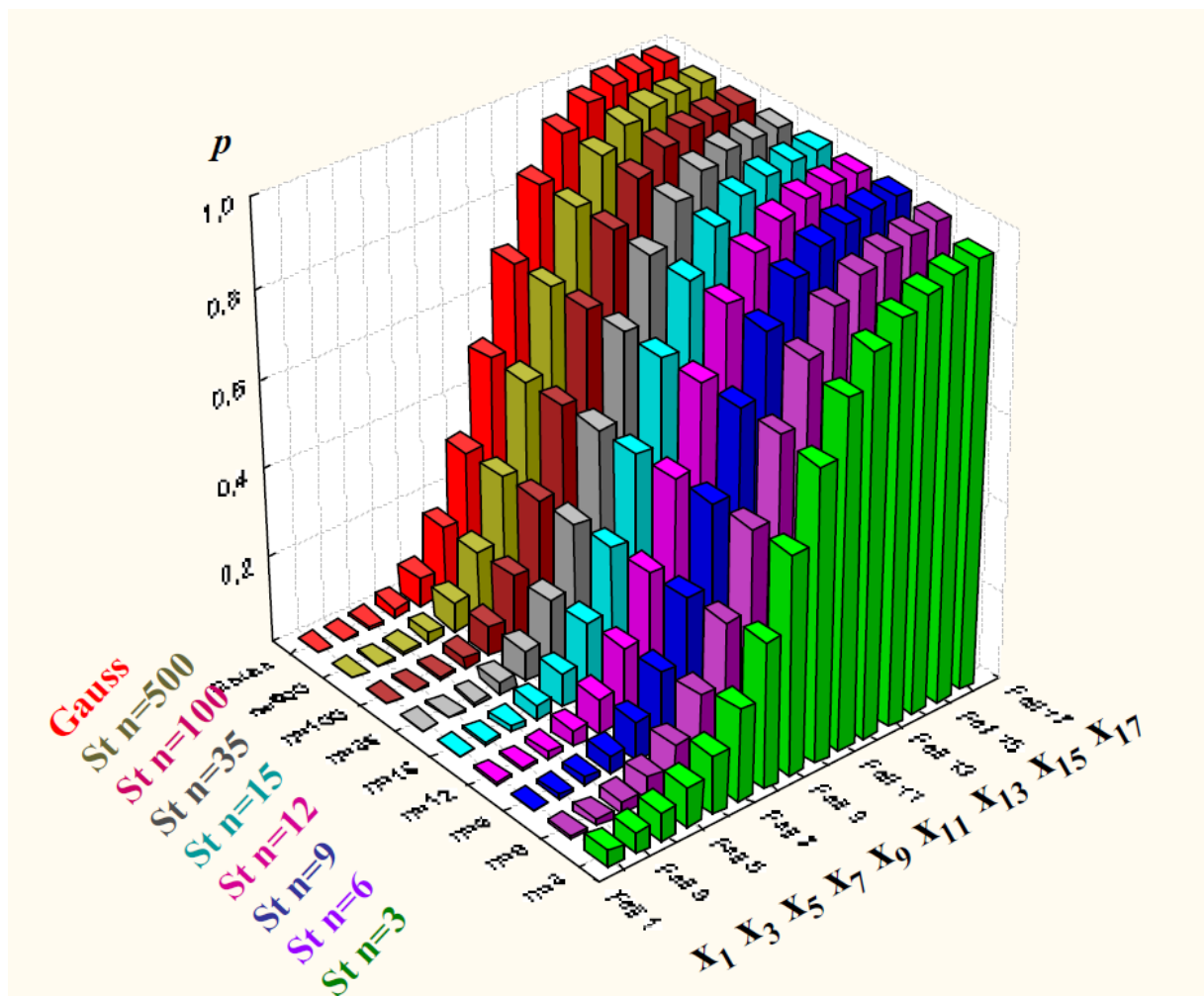


$$n = 3 \rightarrow t_{(n-1=2)} = -2,9199 \quad p = 0,05$$

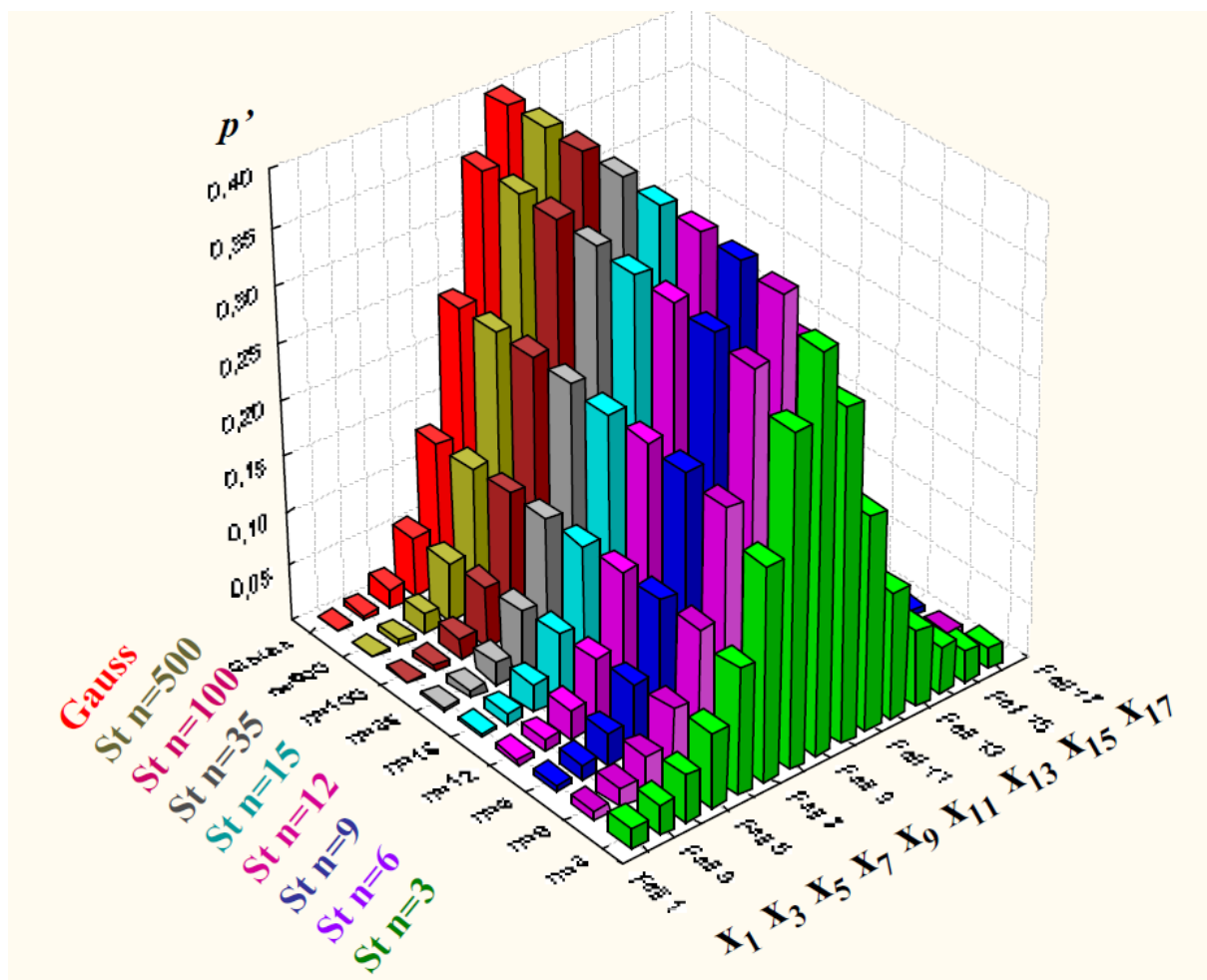
1.5.T12. ábra: A t -eloszlás (*Student-féle eloszlás*) standardizált sűrűségfüggvénye és eloszlásfüggvénye $n = 3$ esetén



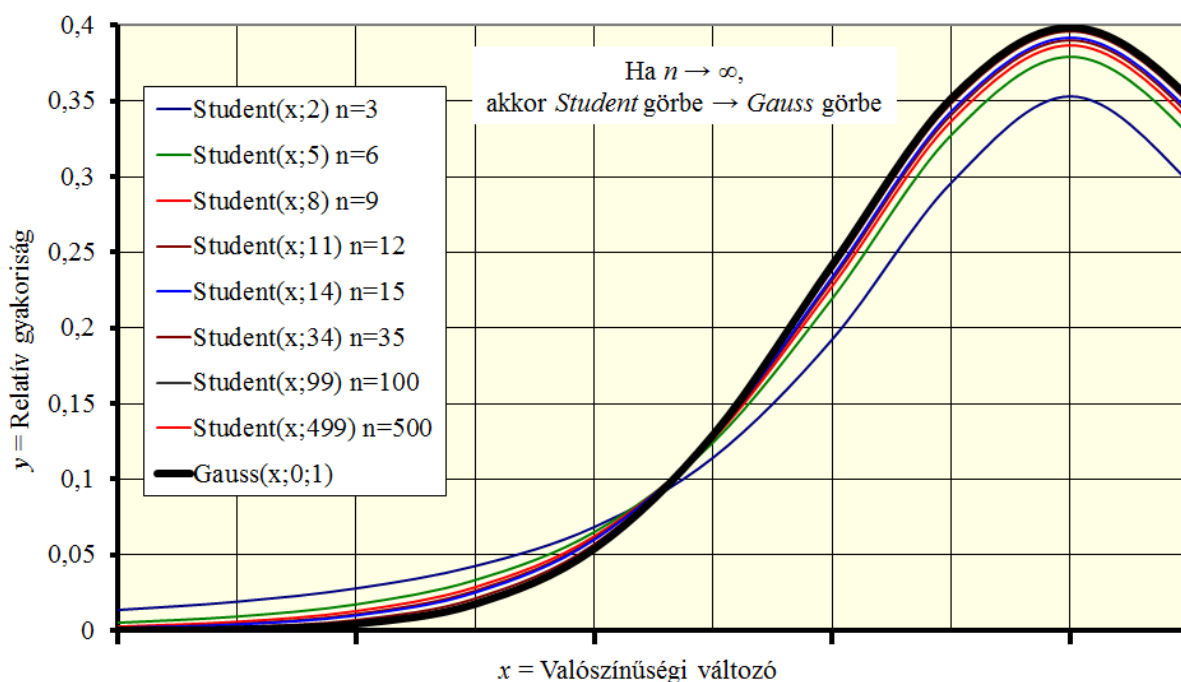
1.5.T13. ábra: A t -eloszlás (*Student*-féle eloszlás) standardizált sűrűségfüggvénye és eloszlásfüggvénye $n = 6$ esetén



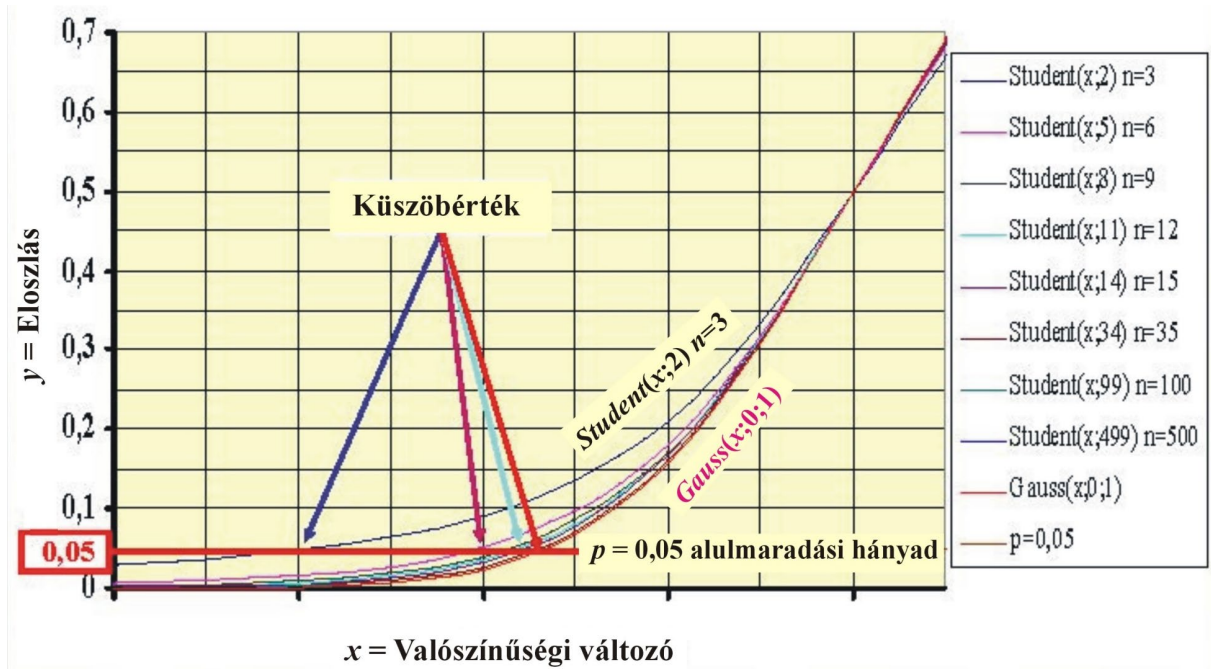
1.5.T14. ábra: A *Gauss*- és a *Student*-eloszlások standardizált eloszlásfüggvénye térbeli koordináta-rendszerben. A várható érték $m = 0$, a szórás $\sigma = 1$.



1.5.T15. ábra: A Gauss- és a Student-eloszlások standardizált sűrűségfüggvénye térbeli koordináta-rendszerben. A várható érték $m = 0$, a szórás $\sigma = 1$.



1.5.T16. ábra: A Gauss- és a Student-eloszlások sűrűségfüggvényének bal széle. Ha $n \rightarrow \infty$, akkor a Student-görbe $\rightarrow$ Gauss-görbe



1.5.T17. ábra: A Gauss- és a Student-eloszlások eloszlásfüggvényének bal szélé. Ha $n \rightarrow \infty$, akkor a Student-görbe $\rightarrow$ Gauss-görbe, és a $p = 0,05$ értékű küszöbérték jobbra tolódik, a hozzá tartozó valószínűségi változó (például: f_{ck}) nagyobb lesz

Ha valamely n elemszámú mintában a valószínűségi változó átlagértéke: $\bar{x}$ és szórása: s , továbbá μ a halmaz viszonyítási alapul szolgáló átlagértéke, akkor a

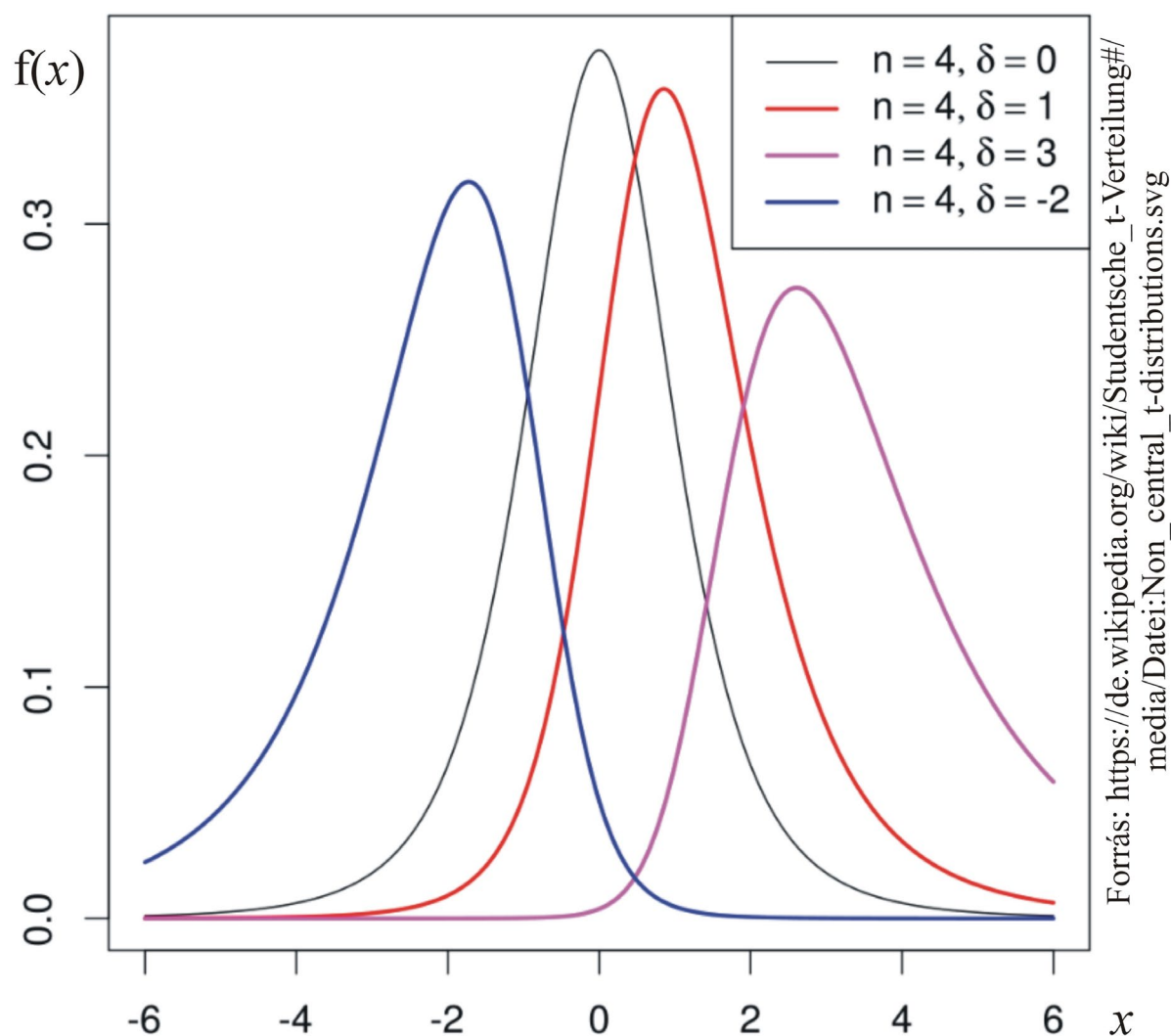
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \times \sqrt{n}$$

valószínűségi változó ($f = n - 1$) szabadságfokú központi t -eloszlást követ (Owen, 1962), (Hartung et al., 2009).

A központi standardizált t -eloszlás a főként β -hiba (2. típusú hiba, ha a hamis feltevést igaznak fogadjuk el) számításokhoz használt nem-központi (nem-centrális) t -eloszlás (angolul: noncentral t -distribution, németül: nichtzentrale t -Verteilung) különleges (speciális) esete (1.5.T18. ábra). A nem-központi t -eloszlás helyzete és alakja annak δ paraméterétől függ, amely esetben a

$$t(\delta) = \frac{(\bar{x} - \mu) \times \sqrt{n} + \delta \times \sigma}{s}$$

valószínűségi változó – ahol σ a valószínűségi változó szórása a halmazban – az ($f = n - 1$) szabadságfokú nem-központi t -eloszlást követi (Owen, 1962). A nem-központi t -eloszlás standardizált sűrűségfüggvénye az x tengely mentén a δ paraméter értékével eltolódik (1.5.T18. ábra). A $\delta = 0$ paraméterű nem-központi t -eloszlás azonos a központi t -eloszlással. (Owen, 1962), (Kühlmeyer, 1970), (Hartung et al., 2009)



1.5.T18. ábra: Különböző δ paraméterű nem-központi t -eloszlások sűrűséggörbéje

Lásd még: *Student-tényező*

Tengiz

A „tengiz” vagy „dengiz”, illetve „tingiz” szó például törökül, illetve török-tatár nyelven tengert és tengerről jövő szelet jelent. Ma is van ázsiai török területen „Tenizek” személynév és „Tengezek” helynév, de különösen sok adat van arra, hogy maga a „tegiz” szó személynév (lásd például *Tengiz Abuladze* (1924-1994) grúz filmrendező, egyetemi tanár keresztnévét). (https://adt.arcanum.com/hu/view/MTA_EgyediKonyvek_178392/?query=Tengiz&pg=224&layout=s),

(https://adt.arcanum.com/hu/view/Books_02_MagyarOstortenet_0036_Skythak_2/?query=Tengiz&pg=43&layout=s)

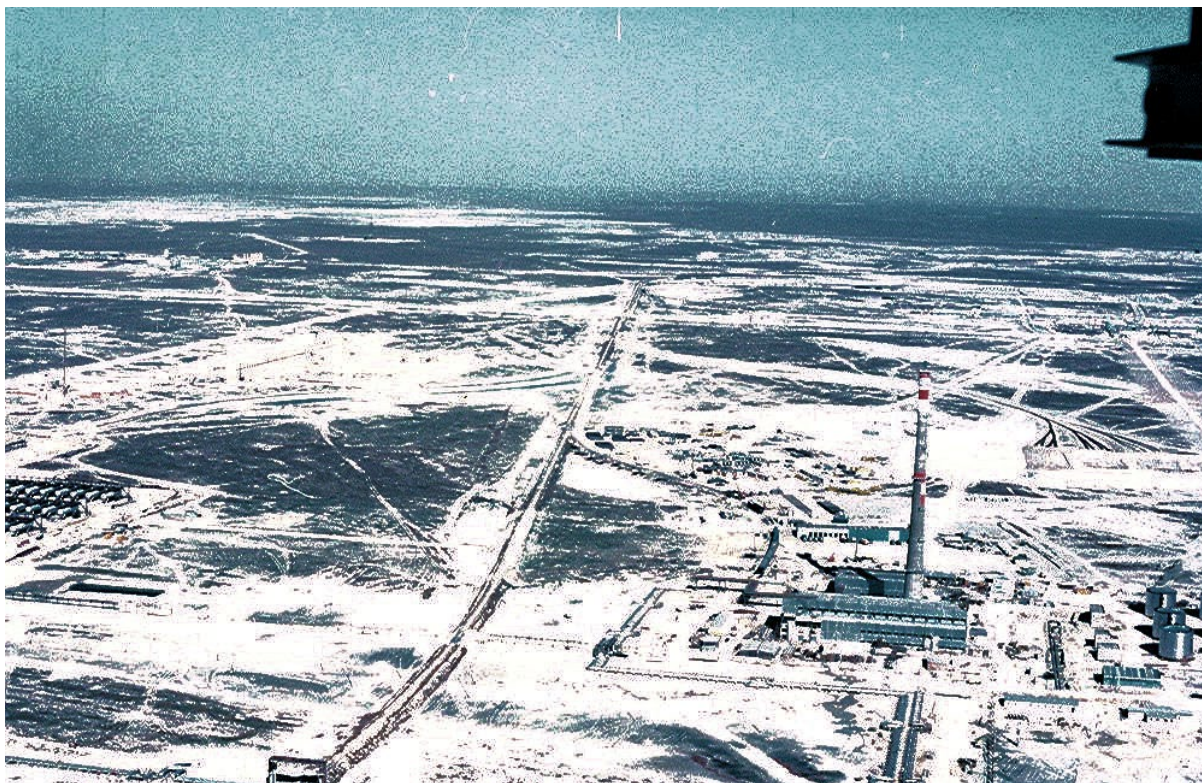
Tengiz az egykori Szovjetunióban, a mai Kazahsztánban, Gurjevtől (mai neve: Atirau) 150 km-re, a Kaszpi-tó keleti partján fekvő olajmező, amely számunkra arról nevezetes, hogy Magyarország 1986 és 1992 között a jamburgi egyezmény alapján részt vett az olajfinomítók építésében. A tengizi helyszíni betonlaboratóriumot a Vegyész alvállalkozójaként a Szikkti (Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet) Betonosztálya működtette (1.5.T19. és 1.5.T20. ábra), (<http://www.betonopus.hu/szikkti/tengiz.pdf>). Betontechnológiai szempontból talán a legemlékezetesebb a 210 m és a 100 m magas vasbeton-kémény (1.5.T21. ábra) csúszózszaluzatos építése.



1.5.T19. ábra: A tengizi építkezésen résztvevők egy részének cégjelképe a tengizi Magyarfalú ebédlőjében



1.5.T20 ábra: A tengizi Szikkti Betonlabor



1.5.T21. ábra: Téli látkép a tengizi csúszószaluzatos vasbeton kéménnyel

Személyes tengizi élményeiről és tapasztalatairól például *Szabadi László* orosz tolmács és fordító írt könyvet (*Szabadi, 1990*)

Terjedelem

A próbatestek legnagyobb és legkisebb vizsgálati eredményének különbsége, vagy több próbatestből álló, átlagos vizsgálati eredménnyel jellemzett minták legnagyobb és legkisebb vizsgálati átlagértékének különbsége.

Termék

Termék: minden ingó dolog – akkor is, ha utóbb más ingó vagy ingatlan alkotórészévé vált –, valamint a villamos energia (1993. évi X. tv. 1. § (1) bek.).

A 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet 2. § 1. pontja szerint építési termék minden olyan anyag, szerkezet, berendezés vagy több, különböző részből összeállított elem, amelyet azért állítanak elő, hogy építménybe állandó jelleggel beépítsék.

E könyvben a „betontermék” kifejezést a „betongyártmány” szinonimájaként értelmezzük, beleértve a félkészbetonterméket is, függetlenül az előállítás közvetlen céljától és a hasznosulás módjától.

A műszaki szabályozásban a termék, illetve a betontermék alatt általában piaci áruforgalomba kerülő vagy került betonterméket értenek. Ez azért zavaró, mert a termékszabványok nem csak ezekre, hanem a piaci értékesítésre nem szánt, a gyártó maga végezte további feldolgozás céljából készített gyártmányokra (termékekre) is vonatkoznak.

Lásd még: Betontermék, Talaj építési célú felhasználása

Természettudományi ágazatok

A természettudomány fő ágai a fizika, a kémia, a földtan, a csillagászat, a biológia és bizonyos értelemben a matematika.

A természettudomány szoros kapcsolatban áll a technikával (amely, a mesterségbeli és művészeti eljárások és eszközök összessége, mint például a kőbányászás és feldolgozás, a mészegetés, a cementgyártás, a betongyártás, az acélgyártás, a gépgyártás, a korrózióvédelem, a falfestés, a tetőfedés stb. technikája) és a vele rokon műszaki tudományokkal (amelyek a termelés folyamataira és eszközeire vonatkozó törvényszerűségekkel foglalkoznak, mint például a geotechnika, mérnökgeológia, geodézia, betontechnológia stb.).

Lásd még: Mechanika ágazata, tárgyköre

Termodinamika

A termodinamika a hőmozgások és más mozgásformák (például: nyomás, térfogat, munka) összefüggéseit és az ezek közötti átalakulási folyamatokat vizsgáló tudományág.

Lásd még: Hámaspont, Fázisdiagram

Termogravimetria

Termogravimetriával (TG) azokat a kémiai tömegváltozásokat mérjük, amelyek a vizsgálandó anyag hevítése során jönnek létre. A méréshez úgy nevezett termomérlegeket használunk, amelyek lehetővé teszik, hogy egy kemencében fokozatosan felmelegített vizsgálandó anyag tömegváltozásait folyamatosan, az idő vagy a hőmérséklet függvényében regisztráljuk. A TG-vizsgálat sok elméleti és gyakorlati kérdésre adhat választ. A TG-görbéről leolvasható, hogy az egyes reakciók milyen hőmérsékleti tartományban mennek végbe, illetve az anyagok milyen hőmérsékleti határok között állandó tömegűek. A számított és mért tömegek közötti esetleges eltérésből következtetni lehet valamely anyag tisztaságára vagy a reakciók, illetve az anyag sztöchiometrikus²³² voltára is. A TG-görbe minőségi értékelése sokszor nehézséget okoz, azaz a reakció megindulásának, befejeződésének vagy maximális sebességgel való végbemenetelének hőmérséklete nem állapítható meg kellő pontossággal, a görbe lefutása ugyanis a kísérleti körülményektől is függ. Nehézségbe ütközhet az egyes reakciók azonosítása is, különösen akkor, ha több reakció szorosan követi, illetve átfedi egymást.

A pontosabb TG-görbe értékelés érdekében *de Keyser* (1953) differenciál-termogravimetriás eljárást dolgozott ki, amelynek lényege abban állt, hogy a vizsgálandó anyagból végzett két azonos beméréssel a mérleget egyensúlyba hozta, majd a két oldalon levő anyagot külön-külön, jól szabályozható kemencében hevítette. Az egyik kemence hőmérséklete mindig néhány fokkal (például 4 °C-kal) nagyobb volt, a reakció előbb indult meg, és a mérleg kitért. Az egyensúly akkor állt vissza, amikor a kisebb hőmérsékletű kemence is elérte a reakció hőmérsékletét. E helyett ma inkább a sokkal egyszerűbben kivitelezhető *derivatív termogravimetriát* (DTG) alkalmazzák (*Erdey et al.*, 1955). A DTG-mérőberendezés lényege egy olyan termomérleg, amelynek egyik karjára a mintatartó edény, a másik karjára nagy menetszámú tekercs van felfüggesztve. A tekercset két patkó alakú mágnes homogén mágneses tere vesző körül és sarkaira nagy érzékenységgű galvanométer van kapcsolva. Ha a mérleg mozgásban van, a mozgás, illetve a reakció sebességével arányos áram indukálódik, és ezt a galvanométer jelzi. Így az eredeti TG-görbével együtt annak deriváltját is felvehetjük. A derivált görbe csúcsai pontosan a TG-görbe inflexiók pontjaira, vagyis a maximális reakciósebességnek megfelelő hőmérsékleti értékekre mutatnak.

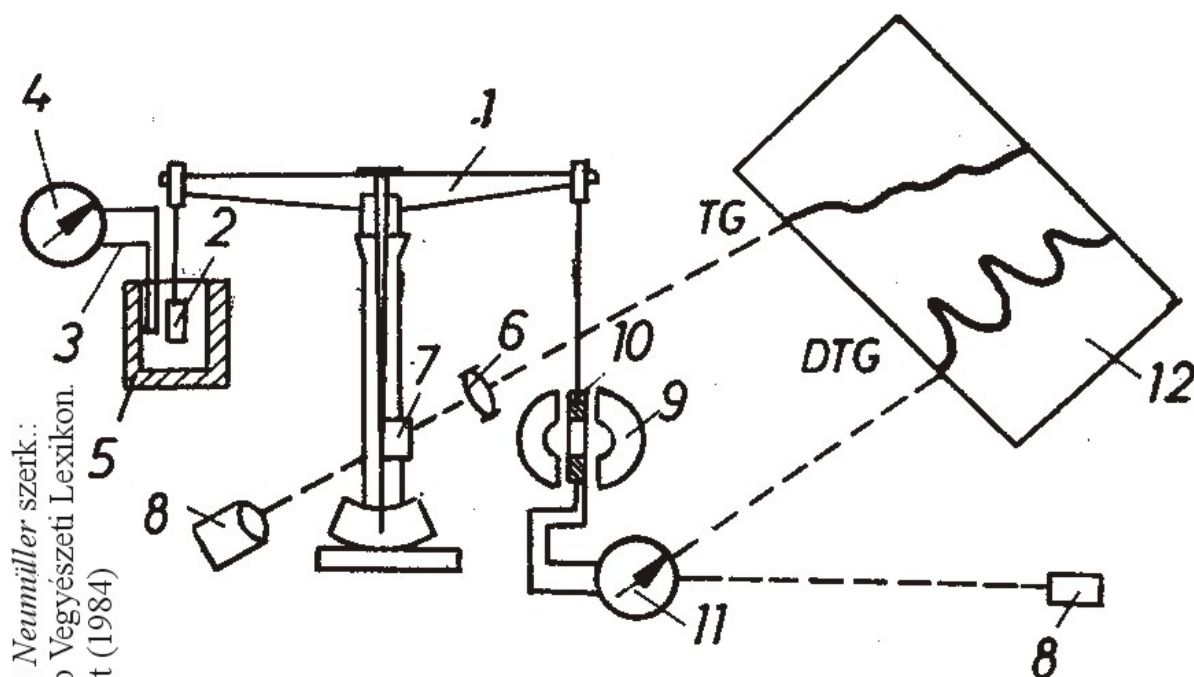
²³² A sztöchiometria görög eredetű szó, a vegyészet azon ágának elnevezése, amely a vegyi folyamatokat kísérő tömeg- és térfogatváltozások törvényszerűségeivel foglalkozik. (Bakos szerk., 1973)

A *differenciál-termoanalízis* DTA-görbe hasonlít a DTG-görbéhez, de több információt tartalmaz. Jelzi ugyanis a tömegváltozással nem járó folyamatokat is (például új módosulat keletkezése), és felvilágosítást ad a végbemenő reakciók endoterm vagy exoterm voltáról. Az *Erdey László*²³³, *Paulik Ferenc*²³⁴ és *Paulik Jenő*²³⁵ által 1962-ben kifejlesztett *Derivatográf* elnevezésű készülék (1.5.T22. ábra) egyidejűleg veszi fel a TG-, DTG- és DTA-görbéket, és így egy művelettel teljes képet kaphatunk a vizsgálandó anyag termikus viselkedéséről. Negyedik diagramként, az értékelés megkönnyítésére a készülék felveszi az idő-hőmérséklet diagramot is.

²³³ *Erdey László* (1910, Szeged – 1970, Budapest) vegyész, egyetemi tanár, az MTA levelező tagja (1951), majd rendes tagja (1955), Kossuth-díjas (1951, 1958). A budapesti Tudományegyetemen kémia–fizika szakon folytatott tanulmányokat és bölcsészdoktori oklevelet nyert (1938). 1938-tól az egyetem. Kísérleti Fizikai Intézetében tanársegéd, 1949–50-ben az ELTE természettudományi karán intézeti tanár, 1950-től haláláig a Budapesti Műszaki Egyetem Általános és Analitikai Kémia Tanszékének volt tanszékvezető egyetemi tanára. 1951-ben lett a kémiai tudományok doktora, 1951-től 1959-ig az MTA Kémiai Tudományok Osztályának osztálytitkára. Számos külföldi tudományos intézménynek volt rendes vagy tiszteleti tagja, valamint több szakmai egyesület elnöke. Közel 500 közleménye, illetve tanulmánya jelent meg. (*Kenyeres* főszerk., 1981)

²³⁴ *Paulik Ferenc* (1922, Budapest – 2005, Budapest) vegyészmérnök, a kémiai tudományok doktora, címzetes egyetemi tanár. A József Nádor Műszaki Egyetem vegyészmérnöki oklevélének megszerzését (1944) követő néhány éves bőripari kitérő után 1950-ben a Budapesti Műszaki Egyetem Általános és Analitikai Kémiai Tanszék munkatársa lett. Fivérével, *Paulik Jenő*vel, a kezdetektől együtt dolgoztak. A termoanalitika területén végzett úttörő jelentőségű munkásságuk számos, merőben új mérés technikát adott a tudomány és az ipar kezébe, így a derivatív termogravimetriát, a derivatív dilatometriát és termogáztitrimetriát, valamint a derivatográfiát, azaz a felsorolt módszerek kombinációját a differenciál termoanalízissel. Később olyan új, a felbontóképességet és a szelektivitást növelő vizsgálati technikát fejlesztettek ki, amelynek alkalmazásával a fenti vizsgálatokat a fizikai kémia követelményeinek jobban megfelelő kvázi-izoterm és kvázi-izobár körülmények között lehet elvégezni. A *Paulik fivérek* kétszáz tudományos közlemény, négy angol nyelven megjelent könyv önálló és további négy könyvfejezet szerzői. Harminc találmányuk, amelyeket százötven bel- és külföldi szabadalom védett, egy kivétellel mind megvalósult. *Paulik Ferenc* életművét 1999-ben az MTA *Eötvös József*-koszorú kitüntetéssel ismerte el. (Természettudományi Közlönv. 131. évf. 2000. 3. szám. pp. 107-108.), (*Liptay Gy.*, 2015)

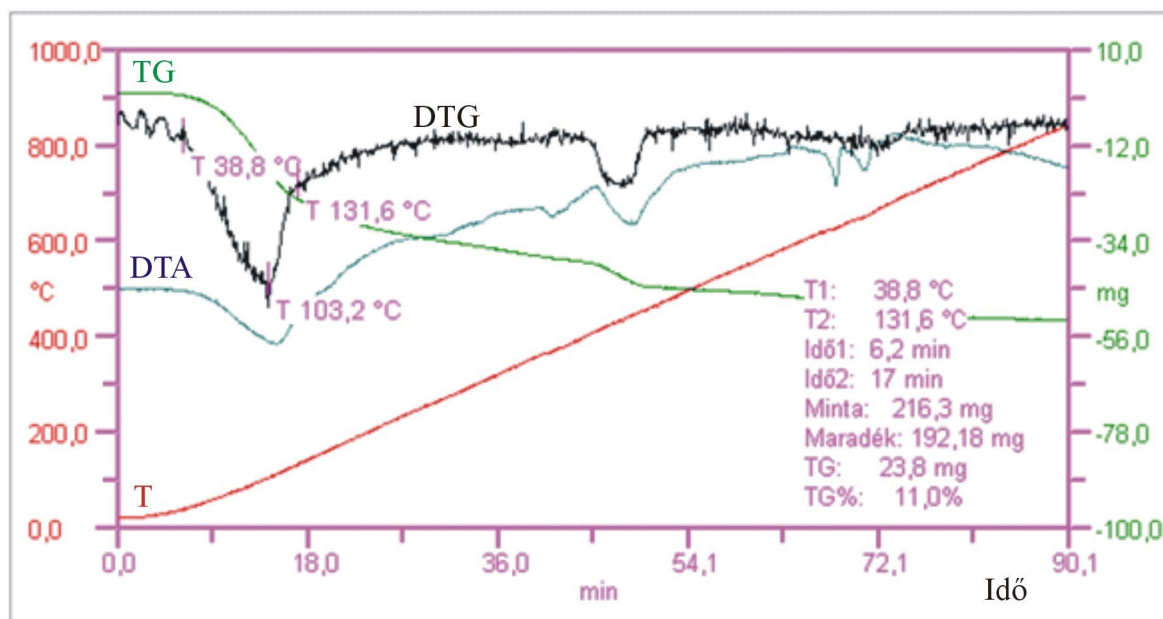
²³⁵ *Paulik Jenő* (1927, Budapest – 1988, Budapest) vegyész, a kémiai tudományok doktora (1988). Vegyész oklevelét 1950-ben szerezte meg a budapesti Tudományegyetemen. A Műegyetem Szervetlen Kémiai Tanszékén kezdte meg tudományos pályafutását, majd 1959-ben a Műanyagipari Kutató Intézetbe került. 1964-ben tért vissza a Műegyetem Általános és Analitikai Kémiai Tanszékére, ahol tudományos főmunkatárs, majd 1982-től a termoanalitikai csoport vezetője volt. Kezdetben polarográfiás témákkal foglalkozott, de érdeklődése már 1953-tól a termoanalitika felé fordult. Ezirányú kutatásait testvérével, *Paulik Ferenc*cel közösen, *Erdey László* professzor mellett kezdte el, s harmincévi munkásságával megteremtette és nemzetközileg elismertté tette a hazai termoanalitikát. Kidolgozta a derivatív termogravimetria, a derivatográfia (1954), a derivatív dilatometria (1961), a termogáztitrimetria (1963) elméletét és gyakorlati módszereit, a különféle mérés technikákat egyesítő mérőműszert, a *Derivatográf*ot (1962), melynek legújabb, mikroprocesszoros változatának rendszerterve is a vezetésével készült (1986). E módszerek segítségével számos szervetlen és szerves vegyület hőbomlási mechanizmusát tárta fel. 30 találmányára bel- és külföldön több mint száz szabadalmat kapott. Eredményeit százötven dolgozatában, három könyvében, s több könyvrészletben közölte, melyekkel nemzetközi sikert ért el. (*Kenyeres* főszerk., 1994), (*Liptay Gy.*, 2015)



A derivatográf vázlatos szerkezete

1.5.T22. ábra: A derivatográf vázlatos szerkezete. Jelölések: 1. a mérleg karja; 2. mintatartó; 3. termoelem; 4. hőmérsékletmérő műszer; 5. kemence; 6. optikai rendszer; 7. mérlegre erősített rés; 8. lámpák; 9. mágnes; 10. tekercs; 11. galvanométer; 12. regisztrálópapír

A derivatográfos vizsgálat lényege, hogy az előkészített mintát folyamatosan hevítik 1000 °C fölé, közben mérik a hőmérsékletet az idő függvényében (T-görbe), és felveszik a tömegváltozást (TG-görbe), a tömegváltozás sebességét, azaz a TG-görbe érintőjét, differenciál-görbét (DTG-görbe). Ha a tömegváltozás (vesztés) sebessége növekszik, akkor a TG-görbe érintője (DTG-görbe) emelkedik, ha a sebesség- növekedés megáll, akkor a TG-görbének inflexiós pontja és érintőjének (DTG-görbe) szélsőértéke van. A DTA-görbe lefele irányuló csúcsa endoterm (hőelnyelő), felfele irányuló csúcsa exoterm (hőfejlesztő) folyamatot jelez (1.5.T23. ábra).



1.5.T23. ábra: CEM I 42,5 jelű portlandcementből készült, 20 °C hőmérsékleten szilárdult, 56 napos pépminta derivatogramja. A minta tömegvesztése 38,8 °C és 131,6 °C között 11,0 tömeg (http://www.betonopus.hu/szakmernoki/104-testsuruseg.pdf)

A differenciál-termoanalízis alapelve *Palotás László* „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyv 2. kötetének 494-495 oldalán is olvasható (*Palotás, 1979. 2. kötet*)

Ajánlott olvasni való: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/104-testsuruseg.pdf>

Forrás: *Neumüller* szerk., 4. kötet (1984)

Lásd még: Endoterm, Exoterm, Sztöchiometria

Termoplasztok

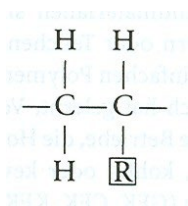
A termoplasztok lineáris alakú polimerek, azaz a molekula láncok nem képeznek térhálót, bár alkalomadtán képesek elágazni. Ez a magyarázata annak, hogy a termoplasztok hő hatására meglágyulnak, a molekulákat összekötő másodlagos kötések megolvadnak. A termoplasztok felmelegítve formázhatók, lehűtve formájukat megtartják.

Számos változatuk ismert, egyesek amorfak (például polisztirol), mások kristályosak (például polietilén). Változatos felépítésük folytán nincs határozott olvadáspontjuk, hanem csak olvadási tartományuk.

A termoplasztokat a monomerek hosszú lánccá (polimerré) fűzésével állítják elő, ez a folyamat a polimerizálás.

A polimerizáció során a monomerek melléktermék keletkezése nélkül egyesülnek óriásmolekulává. A folyamatot gyorsítani is lehet, a fény, a koncentráció növelése, hőmérséklet vagy a nyomás változtatásával. Az egyik legelterjedtebb polimerizációs műanyag a polietilén, de ilyen eljárással készül például a polipropilén, a polivinil-klorid (PVC), a politetra-fluoroetilén (PTFE) vagy polisztirol is.

A legtöbb termoplaszt a



monomerből épül fel, amely a láncban sokszor ismétlődik: Az R oldalcsoport lehet például egy egyszerű hidrogén atom (például polietilén), de lehet egy CH₃ metil csoport (például polipropilén), vagy egy klór atom (például polivinil-klorid).

Vannak bonyolultabb felépítésű termoplasztok is (például nylon). A termoplasztokhoz tartozik a poliakril-nitril (PAN, például Orlon, Dralon, Dolanit) és a polietilén-tereftalat (PET, például Dacron, Mylar) is, amelyekből szálak és fóliák készülnek.

Lásd még: Karbonbeton, Műanyagok, Műgyanták, Polimerek, Polimerizációs fok, Szilikonok

Területi mérték

A friss beton és habarcs konzisztenciájának egyik jellemzője.

A betonvizsgálati eszköz a területmérő asztal és a hozzá tartozó 200±2 mm magas, Ø200±2 mm alsó, Ø130±2 mm felső átmérőjű kúp. A friss beton MSZ EN 12350-5:2019 szabvány szerint vizsgált területi mértékének jele: F1 ... F6.

A friss habarcs területi mértékét az MSZ EN 1015-3:2000 szabvány szerinti *Haegermann*-féle ejtőasztallal vagy az MSZ EN 1015-4:1999 szabvány szerinti besüllyadásmérővel határozzuk meg.

Mértékegysége: mm

Lásd még: Konzisztencia

Területmérő asztal

Lásd: Területi mérték

Tervezési élettartam

A tervezési élettartam előírt, követelmény érték, amely névleges idő alatt elvárják, hogy a szerkezetbe épített beton megfelelő fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, tervezett rendeltetésének megfelelően használható. A tervezési élettartam fogalma természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idő fogalmával. A tervezési élettartam éveket elvontan kell felfogni, azok tulajdonképpen a tartószerkezet tartósságának tervezési modellbeli fokozatai.

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén a nemzeti ajánlások és tájékoztatások – ezeket dőlt betűvel írták – előírások, azaz kötelezően alkalmazandók (például az N, O, P melléklet stb.)

Lásd még: <https://www.betonopus.hu/notesz/szaz-ev-tervezesi-elettartam.pdf>, Használati élettartam, Hosszú élettartamú beton

Tervezési érték

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány 6.4.2. szakaszának (3)P bekezdése szerint a tartószerkezet teherbírása akkor megfelelő, ha a teherbírás tervezési értéke (R_d) az igénybevétel tervezési értékénél (E_d) a tartó minden keresztmetszetében nagyobb, vagy azzal legfeljebb egyenlő:

$$E_d \leq R_d$$

A tervezési érték E_d és R_d jelének indexében szereplő d betű az angol design (tervezés) szó kezdőbetűje.

Testsűrűség

A testsűrűség a porózus anyagi test tömegének és teljes térfogatának (beleértve a pórusok, légbuborékok, hézagok stb. térfogatát is) hányadosa. Meghatározható a test kiszáritott, légszáraz vagy vízzel telített állapotában. A testsűrűséget adalékanyag esetén az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány szerint, friss beton esetén az MSZ EN 12350-6:2009 szabvány szerint, megszilárdult beton esetén az MSZ EN 12390-7:2019 szabvány szerint, könnyű adalékanyagok

nagy hézagterefogatú megszilárdult beton esetén az MSZ EN 992:1999 szabvány szerint kell meghatározni.

Az építőanyagokat általában 110 ± 5 °C hőmérsékleten szokták, a betont mindig 60 ± 5 °C hőmérsékleten kell tömegállandóságig kiszárítani.

Elnevezés szerint a könnyűbeton testsűrűsége $800\text{--}2000$ kg/m³, a szokványos betoné (normálbetoné) $2001\text{--}2600$ kg/m³, a nehézbetoné 2600 kg/m³-nél nagyobb.

Megjegyzés: Ez nem jelenti azt, hogy például a 2400 kg/m³ helyett 2010 kg/m³ testsűrűségűre „sikerült” betont szokványosnak lehet tekinteni vagy nevezni!

Mértékegysége: kg/m³. Jele: ρ_T .

Lásd még: Térfogatsúly, Tömegállandóság

Tetmajer-féle hajlítási mérték, hajlítószám

Angolul: Tetmajer bending dimension

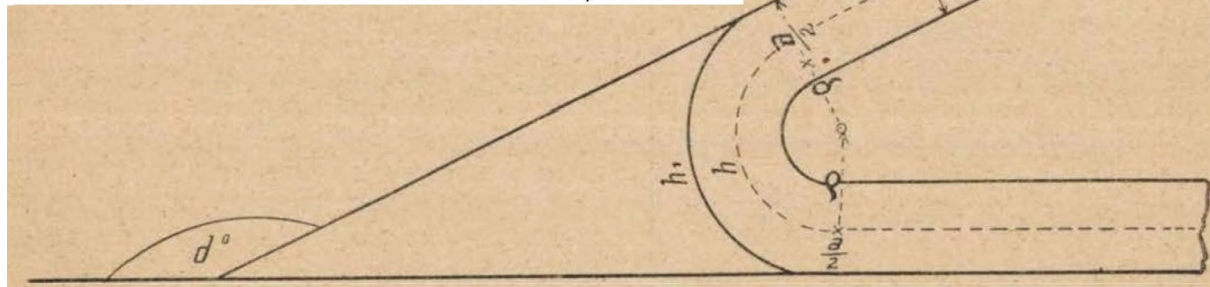
Németül: Tetmajer-Biegegrösse, Tetmajer-biegemaß

A régi MOSz 102:1933 szabványban szereplő *Tetmajer*²³⁶-féle hajlítási mérték a fémpróbatest vastagsága (a) és a semleges szál görbületi sugara (r) hányadosának 50-szerese, százalékban kifejezve: $B_g = 50 \times (a/r)$, mint azt az 1.5.T24. ábrán látni lehet. A sima próbapálcákkal végzett hajlításnál a hajlítási szög nem befolyásolja a hajlíthatóság mértékét, szemben a – például a hegesztési varratok vizsgálatához használt – bemetszett próbapálcákkal, amelyek esetén a hajlítási szög is jellemző adat (Gállik, 1934).

$$\text{A húzott szélső szál megnyúlása: } h_1 - h = \frac{2 \times \left(r + \frac{a}{2}\right) \times \pi}{\alpha} - \frac{2 \times r \times \pi}{\alpha} = \frac{a \times \pi}{\alpha}$$

A húzott szélső szál nyúlása, azaz a Tetmajer-féle hajlítási mérték:

$$\varepsilon\% = 100 \times \varepsilon = 100 \times \frac{h_1 - h}{h} = 100 \times \frac{a \times \pi / \alpha}{2 \times r \times \pi / \alpha} = 50 \times \frac{a}{r}$$



1.5.T24. ábra: A Tetmajer-féle hajlítási mérték értelmezése (Terény, 1914)

Lásd még: Acélhajlítási vizsgálat

Tetmajer-féle minőségi szám, munkakapacitás

A *Tetmajer*-féle minőségi szám (munkamérszám, munkakapacitás) az egykori MOSz 102:1933 szabvány szerint a fémek szakítószilárdságának (σ_B) és szakadási nyúlásának (δ_B) szorzata: $A = \sigma_B \times \delta_B$. Mértékegysége: kp/cm².

²³⁶ *Tetmajer Lajos* (1850, Krompach, Szepes vármegye – 1905, Bécs) mérnök, egyetemi tanár. A középiskolai tanulmányait Bécsben és Budapesten végezte. 1877-től svájci állampolgár lett. Mérnöki diplomát 1871-ben a Zürichi Műszaki Egyetemen szerzett. 1881-ben a Zürichi, 1901-ben a Bécsi Műszaki Egyetemen nevezték ki nyilvános rendes tanárrá, amely utóbbinak 1904-ben a rektora lett. *Tetmajer Lajos* a modern anyagvizsgálat megalapítója. Zürichi laboratóriuma világhírű volt. A mechanika, a szilárdságtan, az építőanyagok vizsgálata és tulajdonságai tárgykörében számos német nyelvű közleménye jelent meg. (Építő Ipar. A Magyar Építőmesterek Egyesületének műszaki hetilapja. 1905. február 12-i szám. p. 53.)

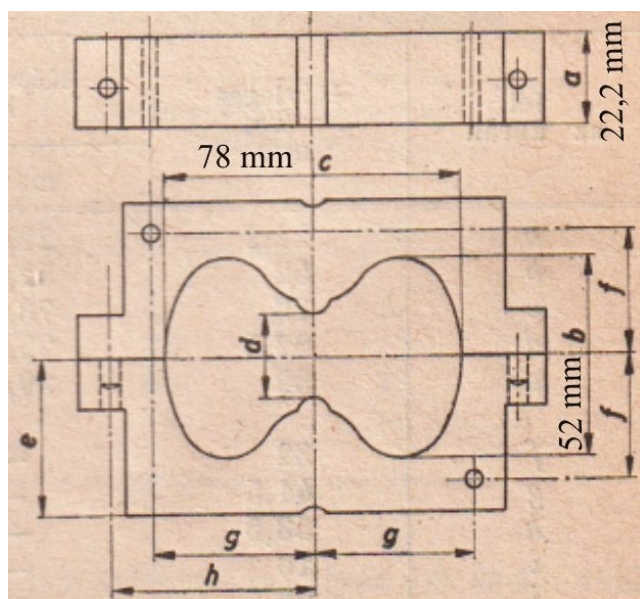
Említésre érdemes, hogy *Gállik István*²³⁷ az 1913-1915 között átépített budapesti Lánchíd karbonacél-anyagú lánc tagjainak és merevítő-tartóinak vizsgálata során a *Tetmajer*-féle minőségi számot, *Gállik* szóhasználatával a munkakapacitást (M) is meghatározta (1.5.T7. táblázat). Az acélanyagot a Lánchíd egykori átépítéséhez a diósgyőri állami vasmű szállította, és ugyanott végezték a láncok kidolgozását. (*Gállik*, 1928)

1.5.T7. táblázat: Az 1913-1915 között átépített budapesti Lánchíd karbonacél-anyagának átlagos vizsgálati eredményei (*Gállik*, 1928)

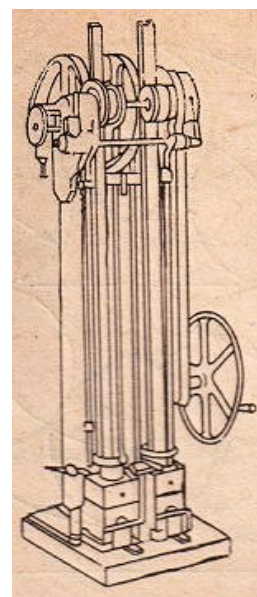
Vizsgálati irány	Szakító-szilárdság $\sigma = (\sigma_B)$ kp/cm ² (N/mm ²)	Folyáshatár σ_f kp/cm ² (N/mm ²)	Szakadási nyúlás $\lambda = (\delta_B)$ %	Munkakapacitás $M = \sigma \times \lambda$ ($A = \sigma_B \times \delta_B$) kp/cm ² (N/mm ²)
Lánchíd átépítéséhez használt láncok acélanyagának átlagos vizsgálati eredményei				
Hosszirány	5290 (~529)	2960 (~296)	23,9	1260 (~126)
Keresztirány	5210 (~521)	2960 (~296)	21,2	1100 (~110)
Lánchíd átépítéséhez használt merevítő-tartók acélanyagának átlagos vizsgálati eredményei				
Hosszirány	5250 (~525)	3050 (~305)	24,5	1290 (~129)

Tetmajer-Klebe rendszerű verőgép

A szilárdságvizsgálati 70,7 mm élhosszúságú próbakockák és az 1.5.T25. ábra szerinti 22,2×52×78 mm befoglaló méretű pikóta-alakú földnedves cementhabarcs próbatestek tömörítésére („beverésére”) alkalmas laboratóriumi eszköz az MSZ 523:1953 szabvány 5.05. szakasza szerint (1.5.T26. ábra).



1.5.T25. ábra: A pikóta-alakú cementhabarcs próbatest rajza az egykori MSZ 523:1953 szabványban



1.5.T26. ábra: A *Tetmajer-Klebe* rendszerű verőgép rajza az egykori MSZ 523:1953 szabványban

²³⁷ *Gállik István Dömötör* (1866, Budapest – 1945, Budapest) mérnök. 1888-1890 között *Kherndl Antal* (1842, Zseliz – 1919, Budapest; műegyetemi professzor, akadémikus) tanársegéde, majd a Földművelésügyi Minisztériumban a vízrajzi osztály mérnöke volt. 1892 után a Kereskedelemügyi Minisztérium hidépítési osztályának munkatársaként, majd 1918-tól 1925-ig vezetőjeként dolgozott. Mint kereskedelemügyi helyettes államtitkár vonult nyugalomba. Szakirodalmi munkásságában a hidépítéstan kérdései mellett elsősorban vas és acél szerkezeti anyagok szilárdsági vizsgálatának kérdéseivel foglalkozott. (Magyar Életrajzi Lexikon, 1981-1982)

Textil, textília

A textil, textília latin eredetű szó (textile)²³⁸, jelentése szőtt, hurkolt (*Neumüller* szerk., 4. kötet, 1984), illetve szövet (*Györkösy* szerk., 1989, 1994).

Könyvünkben a betonipar által használt műszaki textilekkel, textíliákkal foglalkozunk, és a textil, textília szavakon, továbbiakban a textilen mindig ezt értjük.

A betoniparban használt textilek (műszaki textíliák) megnevezését az *1.5.T8. táblázatban* gyűjtöttük össze.

1.5.T8. táblázat: A műszaki textilek (műszaki textíliák) tárgykörébe eső legfontosabb megnevezések (*Bergmeister*, 2003), (IaFB Textile Flächenbildung Merkblatt, 2010)

Magyar név	Angol név	Német név
Szerkezeti anyag	Material	Werkstoff
Összetett (kompozit, kombinált) szerkezeti anyag, amely a védendő erősítő szálakból és a szálak közötti ágyazati, illetve kitöltőanyagból áll	Fiber-reinforced material, FRM	Faserverbundwerkstoff, FVW
Rövid szálás összetett szerkezeti anyag	Short fiber reinforced composite material	Kurzfaserverstärkte Verbundwerkstoff
Hosszú szálás összetett szerkezeti anyag	Long fiber reinforced composite material	Langfaserverstärkte Verbundwerkstoff
Polimerrel átitatott, védett szálás szerkezeti anyag	Fiber-reinforced polymer, FRP	Faserverbundpolymer, FVP

Az *1.5.T8. táblázat* folytatódik

²³⁸ Az „Ujság” (rövid u-val) című napilap 1932. május 1-jei számának 17. oldalán megjelent közlemény szerint a pénzügyminiszter 62.000/1932. VIII. B. számú rendeletében a szálás nyersanyagokat, fonalakat, nyersárukat, készárukat és használati tárgyakat, tehát lényegében a forgalmi adózás alá eső vagy nem eső textilárukat tekintik textíliának.

A „Műszaki Élet” 1973. január 19-i számának pp. 9-15. oldalán olvasható, a 7-7001 ET számú OMFB-tanulmány alapján összeállított cikkben műszaki textílián azokat a textilipari gyártmányokat értik, amelyek valamely ipari, szolgáltató vagy egyéb műszaki vonatkozású területen közvetlenül a technikai berendezés részeként kerülnek felhasználásra, avagy műszaki jellegű termék szerkezeti elemeként szolgálnak.

Az „Idegen szavak és kifejezések szótára” (*Bakos* szerk., 1973) szerint a textil és a textília iparilag feldolgozott szálás anyagot jelent.

A „*Römp* Vegyészeti Lexikon” (*Neumüller* szerk., 4. kötet, 1984) szerint a textília a textilszálak, textil félkész- és készgyártmányok, valamint az azokból előállított készárak gyűjtőfogalma, amelybe többek között a műszaki célú textilkészítményeket is beszámítják. A Lexikon csoportosítása szerint a textilszálak természetes eredetű szálak (például: pamut, len, kender, gyapjú, szőr stb.), vegyiszálak (például az átalakított természetes eredetű szálak, a szintetikus szálak) és egyéb iparilag előállított szálak (például a közet-, üveg-, szén-, fém- és salakgyapot szálak). A textil félkész- és készgyártmányok pedig a következők: az alakítatlan, úgy nevezett lazaanyagok; a hosszirányú készítmények, köztük fonalak, zsinórok, kötelek és cérnák; a sík alakú, illetve testes készítmények, például szövetek, nemez (filcek), vlies-anyagok és vatták.

Az ipari, kereskedelmi és idegenforgalmi miniszternek a textíliák nyersanyag-összetételének megadásáról szóló visszavont 5/1998. (I. 16.) IKIM rendelete olvasatában a textília fogyasztói forgalomba hozható, illetve továbbfeldolgozás céljára értékesíthető nyers, félkész vagy kész textilterméket, más szóval textilárut jelent.

A kevés kivételtől eltekintve elméletileg végtelen hosszú, úgy nevezett „folytonos szálak” (MSZ 10777-3:197) alkotta készítményeknek a feldolgozottság mértékétől függő textil vagy textília volta könyvünk szempontjából nem lényeges, ezért a szóban forgó vékony szálás készítményeket az egyszerűség kedvéért könyvünkben többnyire textilnek nevezzük.

Az 1.5.T8. táblázat folytatása

Magyar név	Angol név	Német név
Polimerrel átitatott, védett szénzál-as szerkezeti anyag; Szénzál-erősítésű műanyag	Carbon fiber reinforced polymer, CFRP	Carbonfaserverstärkter Kunststoff, CFK
Szál (a textil legkisebb alkotórésze)	Fiber	Faser*
Rövid szál	Short fiber	Kurzfaser
Végtelenül hosszú szál	Continuous fiber	Endlosfaser
Korlátlan hosszúságú szál	Filament	Filament
Elméletileg végtelenül hosszú szál (gyűjtőfogalom)	Thread	Faden*
Aprított szál	Ground fiber	Gemahlene Faser
Fonás	Spinning	Spinnen*
Textil	Textile	Spinnstoff
Végtelenül hosszú fonószál	Spinning thread	Spinnfaden
Végtelenül hosszú kötőszál	Knitting thread	Wirkfaden
Szálhuzal, amelyet néhány száz vagy ezer összefogott, de össze nem csavart szál alkotja	Tow	Tau
Szálköteg, amelyet 104 vagy 204 összefogott, de össze nem csavart szál alkotja	Strand	Faserbündel
Vágott rövid szálköteg	Chopped short strand	Zerhackte Kurzfaserbündel
Fonal, amely általában 20 össze nem csavart szálkötegből áll	Roving	Strang*, Endlosgarn
Sokszálas fonal, amely több összezsavart szálkötegből áll	Yarn	Garn*
Zsinór (több végelemül hosszú szálból csavarással készített anyag, nagy szakítószilárdságú sodrott fonal)	Twine	Zwirn
Háló, fonat	Mat	Matte
Végtelenül hosszú háló, fonat	Endless-mat	Endlosmatte
Rövidszálas háló, fonat	Chopped strands mat	Kurzfasermatte
Műszaki fátyol	Vlies	Vliese
Egyirányban terhelhető nemszőtt kelme. amelyben az egymásmellé fektetett hosszirányú szálhuzalokat (angolul: tow) vagy fonalakat (angolul: roving) például poliészter kötőszál tartja össze	Unidirectional sheet	Unidirektionale Gelege, UD-Gelege (Uni = egy, latinul: unus)

Az 1.5.T8. táblázat folytatódik

Az 1.5.T8. táblázat folytatása

Magyar név	Angol név	Német név
Szövet (lánc- és vetülékfonalak alkotta szőtt anyag)	Woven fabrics	Gewebe*, Webe
Egyirányban terhelhető, különmemű lánc- és vetülékfonalak alkotta szövet	Unidirectional woven fabrics	Unidirektionale Gewebe, UD-Gewebe
Kétirányban terhelhető, egynemű lánc- és vetülékfonalak alkotta szövet	Bidirectional woven fabrics	Bidirektionale Gewebe
Különböző anyagú lánc- (például szénszálas) és vetülékfonalak (például üvegszálas) alkotta szövet, amelynek tulajdonságai hossz- és keresztirányban különbözőek	Blended woven fabrics	Mischgewebe
Különböző anyagú lánc- (például szénszálas) és vetülékfonalak (például üvegszálas) alkotta szövet, amelynek tulajdonságai hossz- és keresztirányban azonosak	Hibridge woven fabrics	Hybridgewebe (Bergmeister 51. oldal)
Láncfonal, hosszirányú fonal a szövetben	Warp thread	Kettfaden in Gewebe
Vetülékfonal, keresztirányú fonal a szövetben	Weft thread	Schussfaden in Gewebe
Lamella (vékony, hosszú, szalagszerű, Pultrusion-eljárással, más néven németül Strangziehverfahren, azaz fonalhúzó eljárással gyártott textil)	Lamella	Lamelle
Szalag (vékony, hosszú, keskeny fonalsík. A szalag lamellával rokon textil)	Tape	Band*
Kábel, a szálak egyesítésével nyert kb. 10 ktex-nél vastagabb összecsavart folytonos szálköteg (Jederán főszerk.,1979)	Cable	Kabel
Nemez	Baize	Filec*

Az 1.5.T8. táblázat folytatódik

Az 1.5.T8. táblázat folytatása

* E szavak megtalálhatók *Rejtő Sándor* professzor mechanikai technológiájának 1923-ban megjelent „IV. kötet. A textilipari technológia” alcímű könyve II. függelékében („A német műszavak magyar egyenértékei”), (*Rejtő*, 1923)

A táblázat készítéséhez használt további irodalom:

<https://quizlet.com/tr/871704303/faser-faden-faden-flash-cards/>

Lásd még: Szénszáltexsil, Vlies-anyagok

Textilbeton

Angolul: Textile reinforced concrete, rövidítése: TRC

Németül: Textilbeton

A textilbeton tulajdonképpen kompozit anyag, a nagyszilárdságú finombetonmátrix és valamely nagy-teljesítőképességű műszaki textília társítása (kombinációja). A textilbeton elnevezés a karbon-, a lúgálló (alkáli rezisztens) üveg-, a bazalt- stb. szövetel (szőnyeggel) megerősített, általában 4 mm alatti szemnagyságú finombeton fogalmát foglalja magába. A textilbeton kutatása az 1990-es évek közepén Németországban, a drezdai és az aacheni műszaki egyetemen kezdődött azzal a céllal, hogy a vasbetonban lévő korrodáló acélbetéteket, illetve a szálerősítésű beton rövid, esetleges elhelyezkedésű erősítőszálait a betonfelületbe ágyazott, korrózióknak ellenálló, nagyon nagy szilárdságú, folytonos, irányított vonalvezetésű szálak alkotta textilszövetel váltsák ki (1.5.T27. ábra). (*Scheerer*, 2015)

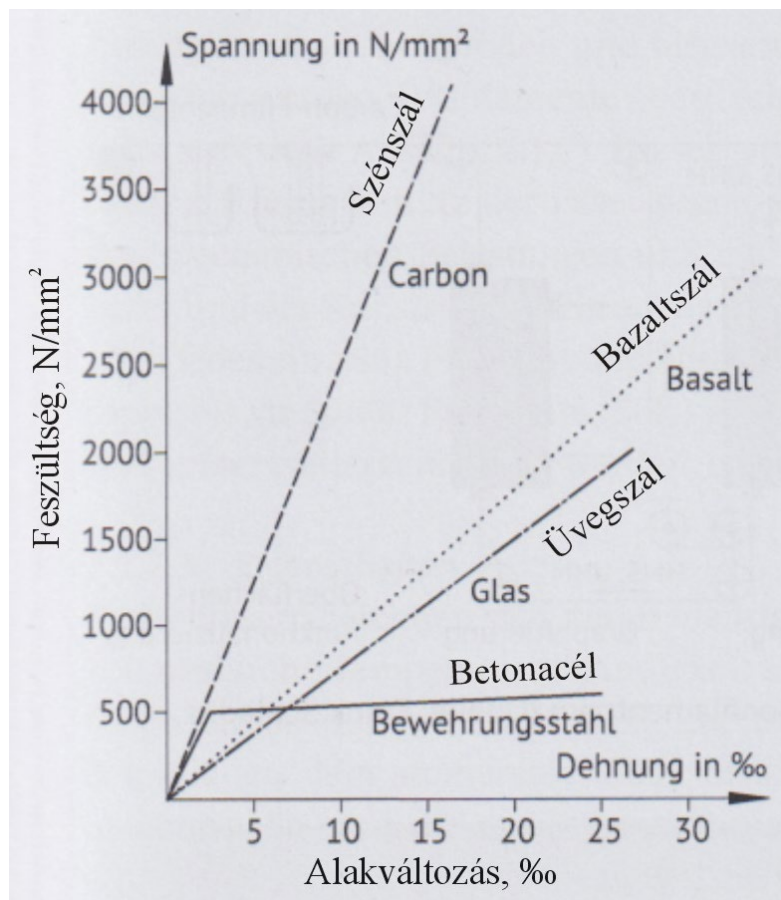


1.5.T27. ábra: Jelentős különbség a szálhossz és vonalvezetés között a rövid, esetleges elhelyezkedésű szálakat tartalmazó szálerősítésű beton (bal oldali ábra) és a hosszú (folytonos), irányított vonalvezetésű textilszövetel erősített beton (jobb oldali ábra) esetén (*Scheerer*, 2015)

A műszaki textilszövetet alkotó elméletileg korlátlan hosszú (folytonos) szálakat (filamentum) először csavaratlan fonallá (angolul: Roving, németül: Strang), illetve sokszálas, csavart fonallá (angolul: Yarn, németül: Garn) dolgozzák fel. A szálak száma fonalanként több száz és tízezer között változhat. Műszaki textilszövet gyártására a lúgálló kellően merev és nagyszilárdságú szálak alkalmasak, mint például a lúgálló (alkáli rezisztens) AR-üvegszál és a szénszál. A textilszövet gyártása során a szálakat, illetve fonalakat írező anyaggal (németül: Schlichte) kezelik, a textilszövetet pedig felület réteggel (németül: Beschichtung) vonják be, amelyek növelik a mechanikai ellenállást, javítják a feldolgozhatóságot, és biztosítják a szálak

egymáshoz való kapcsolatát. A textilszövet különböző méreteiben, a felhasználás céljától függő fonalszámmal, fonaltávolsággal, fonal-irányítottsággal gyártható. (Scheerer, 2015)

A szén-, a bazalt, az üvegszál és a betonacél σ - ε diagramjának viszonya az 1.5.T28. ábrán látható.



1.5.T28. ábra: A szén-, a bazalt-, az üvegszál és a betonacél σ - ε diagramjának összehasonlítása (Curbach et al., 2023)

A betonok erősítéséhez alkalmazott textilszövetekben a szokásos fonaltávolság 5-20 mm, amely 1-7 mm, más szerző (Lieboldt, 2015) szerint legfeljebb 4 mm legnagyobb szemnagyságú, célszerűen összeállított, általában szilikaport, pernyét, folyósítószer is tartalmazó cementkötésű anyaggal itatható át. Ez tulajdonképpen habarcsösszetétel, de mechanikai tulajdonságai folytán ez a mátrix, mint kitöltő, hordozó anyag, valójában nagyszilárdságú beton, amelyet *finomszemcsés betonnak*, *finomszemű betonnak*, *finombetonnak*, *finombetonmátrixnak* (németül: Feinkornbeton, Feinkornbetonmatrix) nevezünk. A finomszemcsés betonok szokásos nyomószilárdsága 65-90 N/mm², rugalmassági modulusa általában 25000-30000 N/mm². (Scheerer, 2015)

Textilbetont felületi rétegeléssel (laminálás) vagy öntéssel lehet készíteni. Laminálás során a felszört első friss finombetonrétegre, mint finombetonmátrix-rétegre fektetjük és abba benyomkodjuk a textilszövetet, erre ráhordjuk a következő réteg finombetont stb., az utolsó lépés egy utolsó finombeton réteg felhordása. Minthogy a textilbeton esetén a vasbetonok acélbetéteit korróziótól védő betonfedésre nincs szükség, az egyes betonrétegvastagságok a felületi kötést biztosító követelményektől és a fonalak vastagságától függenek, és általában milliméter nagyságrendűek. Ennek következtében a teherhordó textilbetonrétegek igen vékonyak. A textilbeton alkalmazásának előnye a textilszövet erősségében, nagy húzószilárdságában, korrózióállóságában, vágthatóságában rejlik; mind meglévő tartószerkezeti elemek megerősítésére, mind újak gyártására, de bútork és műtárgyak készítésére is alkalmas. A textilbetonnak nagy a teherbírása; repedéseinek száma több, de azok tágassága kisebb a hagyományos vasbetonok repedéseéhez képest. A textilbeton készítéséhez nincs szükség nehézműszaki berendezésekre. (Scheerer, 2015)

Németországban például zúzottkő vagy friss beton ágyazatra fektetett, 80 mm vastag, AR-üveg- vagy szénszálas textilbeton járólappal újítják fel a pályaudvarok peronjait (1.5.T29. ábra). A textilbeton járólapok kopásállóak, valamint fagy- és olvasztósó-állóak. (<https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>)

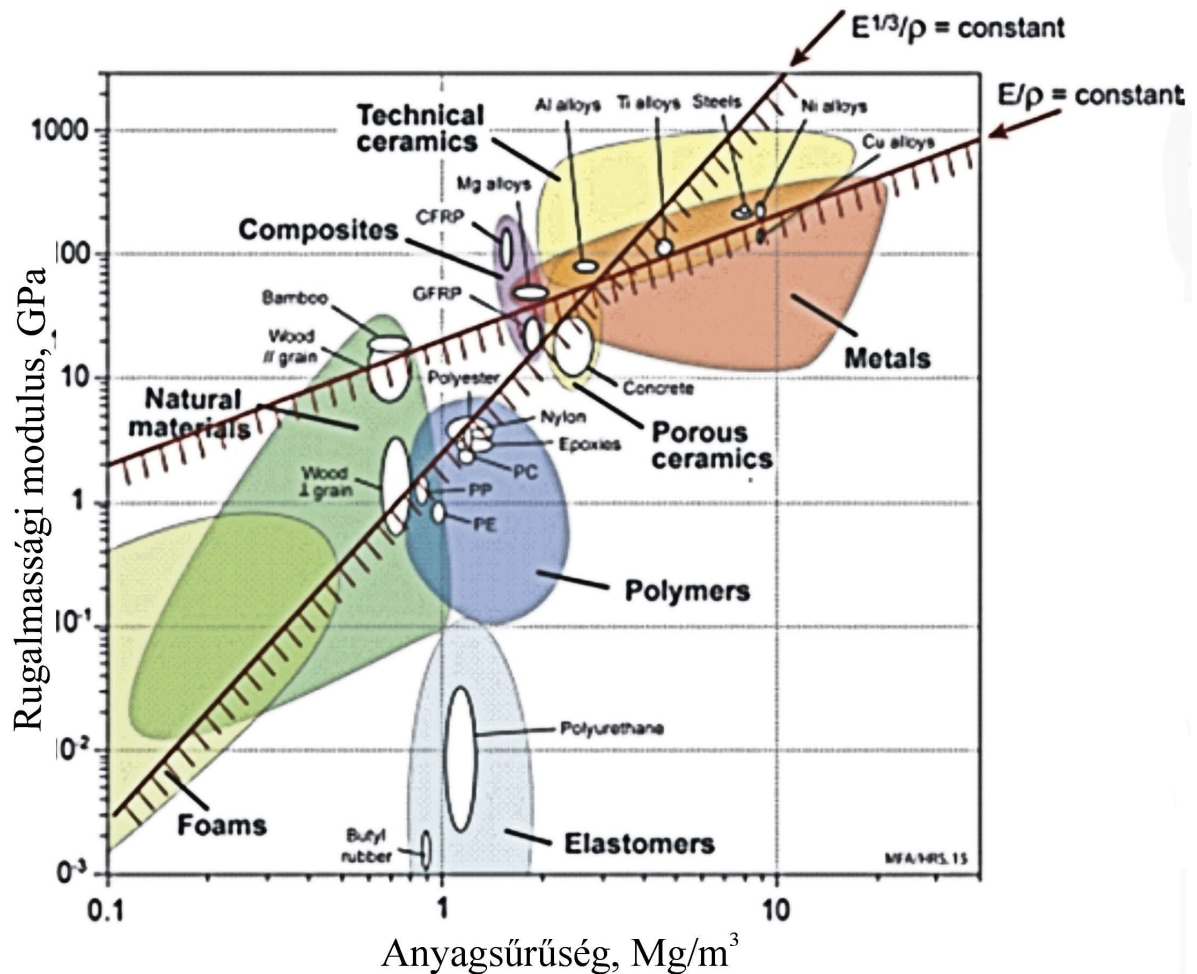


1.5.T29. ábra: Pályaudvarperon felújítása Németországban textilbeton járólappal (<https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>)

Lásd még: Finombetonmátrix, Karbonbeton, Szálerősítésű beton, Szénszál-erősítésű beton, Textília elnevezések, Üvegszövetbeton

Textilszál megnyúlási hossza és szakadási hossza az önsúlya alatt

A karcsú beton szerkezeti elemek készítésére, illetve a meglévő beton és vasbeton szerkezeti elemek megerősítésére szolgáló textilszálakat a hagyományosnak mondható tulajdonságokon kívül – mint például az átmérő, anyagsűrűség, húzószilárdság, nyomószilárdság, rugalmassági modulus, hőtágulási együttható stb. – az önsúly alatti megnyúlási hosszal és szakadási hosszal is szokás jellemezni, többek között bizonyára azért, mert ezek számítási egyenleteiben szereplő E/ρ hányados szemléletes képet ad az anyagok közötti különbségekről (1.5.T30. ábra). Az E/ρ hányadost [$\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$] elosztva a nehézségi gyorsulás ($g = 9,81 \text{ N/kg}$) értékével – vagy egyszerűbben és közelítéssel: az E/ρ hányadost elosztva tízzel – az $E/(\rho \times g)$ „fajlagos rugalmassági modulusra” jutunk [m], amely nem más, mint az önsúly alatti megnyúlási hossz (L_Q). Más szóval az E/ρ hányados az önsúly alatti L_Q megnyúlási hosszak mintegy tízszerese: $E/\rho \approx 10 \times L_Q$.



1.5.T30. ábra: Az anyagok rugalmassági modulusa (E) az anyagsűrűség (ρ) függvényében (<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/material-selection-chart>)

Textilszál megnyúlási hossza az önsúlya alatt

Angolul: Stretch length

Németül: Dehnlänge

A textilszál megnyúlási hosszán azt az eredeti hosszúságot (L_Q) értjük, amelyen a szabadon felfüggesztett, állandó keresztmetszetű (A) textilszál megnyúlása (ΔL) a saját súlya (Q) alatt a textilszál eredeti hosszával, illetve a megnyúlt textilszál hosszának (l) a felével egyenlő:

$$\Delta L = L_Q = l/2$$

Ebben az esetben a fajlagos megnyúlás értéke:

$$\varepsilon = \Delta L / L_Q = 1 = l / (2 \times L_Q)$$

A textilszál súlya:

$$Q = m \times g = \rho \times A \times L_Q \times g, \quad \text{ahol:}$$

$$m = \text{tömeg} = \text{anyagsűrűség } (\rho) \times \text{térfogat } (A \times L_Q) = \rho \times A \times L_Q$$

és $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ a nehézségi gyorsulás.

Minthogy a textilszálban a Q súlyerő hatására ébredő húzófeszültség (σ) a rugalmassági modulus (E) és a fajlagos megnyúlás (ε) szorzata: $\sigma = E \times \varepsilon = Q/A$ és a fentiek szerint $\varepsilon = 1$, adódik, hogy

$$Q = A \times E \times \varepsilon \rightarrow A \times E = \rho \times A \times L_Q \times g \rightarrow E = \rho \times L_Q \times g$$

és ebből annak a szabadon függő textilszálnak az eredeti hossza, amelynek megnyúlása (ΔL) a saját súlya (Q) alatt a textilszál eredeti hosszával (L_Q) egyenlő:

$$L_Q = \frac{E}{\rho \times g}$$

A g nehézségi gyorsulás [m/s^2] azonos a nehézségi térerősség nagyságával, azaz az egységnyi tömegre ható erővel is, és így ebben az értelemben a mértékegysége: N/kg , és felírható, hogy: $9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N/kg}$. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Földi_nehézségi_gyorsulás)

A nehézségi gyorsulásnak ebből az értelmezéséből adódik a fenti, eredményként kapott L_Q [m] összefüggés egybevágósága (hibátlanúsága) a mértékegységek alapján, ugyanis:

$$m = \frac{\text{N/m}^2}{(\text{kg/m}^3) \times (\text{N/kg})} = \frac{\text{N} \times \text{m}^3 \times \text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{kg} \times \text{N}} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = \text{m}$$

Például az $E = 215000 \text{ N/mm}^2 = 2,15 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ rugalmassági modulusú, $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3 = 1,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ anyagsűrűségű, eredetileg $L_Q \approx 12176 \text{ km}$ hosszú szénszál megnyúlása (ΔL) lesz az önsúlya alatt – $g = 9,81 \text{ N/kg}$ nehézségi térerő mellett – a szénszál eredeti hosszával ($\Delta L = L_Q$) egyenlő:

$$L_Q = \frac{2,15 \times 10^{11}}{1,8 \times 10^3 \times 9,81} = 12175784,35 \text{ m} \approx 12176 \text{ km}$$

Megjegyzés: Az anyagsűrűség (ρ) és a nehézségi térerő (g) szorzata egyenlő a fajsúllyal ($\gamma = \rho \times g$), és a mértékegysége N/m^3 . Ennek értelmében az $L_Q = E/(\rho \times g)$ textilszál megnyúlási hossza egyenlő a „fajsúly szerinti fajlagos rugalmassági modulussal”, amelynek megnevezése angolul: „specific Young’s modulus”, németül: „spezifischer Elastizitätsmodul”. Német nyelvterületen az $L_Q = E/(\rho \times g)$ megnyúlási hosszúságot „fajlagos merevségnek” (spezifische Steifigkeit) is nevezik (Bergmeister, 2003).

A textilszál megnyúlási hossza igencsak elvont fogalom, mert a szabadon függő textilszál az önsúlya alatt a megnyúlási hosszánál sokkal rövidebb hosszúság esetén elszakad, mint azt alább látjuk.

Textilszál szakadási hossza az önsúlya alatt

Angolul: Tensile strength length

Németül: Reißlänge, Zugfestigkeitslänge

A textilszál szakadási hosszán azt a hosszúságot (l_Q) értjük, amelyen a szabadon felfüggesztett, állandó keresztmetszetű textilszál a saját súlya alatt elszakad.

A szabadon függő, állandó keresztmetszetű (A), l hosszúságú, $F_Q = \rho \times V \times g$ önsúlyú textilszálban ébredő σ húzófeszültség a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$\sigma = \frac{F_Q}{A} = \frac{\rho \times V \times g}{A} = \frac{\rho \times A \times l \times g}{A} = \rho \times l \times g$$

A textiszál hosszának (l) növelésével növekszik a felfüggesztett szál térfogata ($V = A \times l$), önsúlya (F_Q) és a szálban ébredő feszültség (σ), amely utóbbi elérve a szál húzószilárdságát (f_t), a textilszál az l_Q hosszra elszakad:

$$f_t = \rho \times l_Q \times g$$

Ezt az egyenletet rendezve megkapjuk azt a szálhosszúságot (l_Q), amelyen az adott, szabadon függő, változatlan keresztmetszetű textilszál önsúlya alatt elszakad:

$$l_Q = \frac{f_t}{\rho \times g}$$

Például az $f_t = 3500 \text{ N/mm}^2 = 3,5 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ húzószilárdságú, $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3 = 1,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ anyagsűrűségű szabadon függő, változatlan keresztmetszetű szénszál az önsúlya alatt – $g = 9,81 \text{ N/kg}$ nehézségi térerő mellett – akkor szakad el, ha a hossza $l_Q = 198,21 \text{ km}$.

A szénszál önsúly alatti szakadási hossza 200 km körüli érték, és ez például mintegy 7,7-szerese a 2000 N/mm^2 húzószilárdságú szerkezeti acél (~26 km), mintegy 22,2-szerese a rostirányban

60 N/mm² húzószilárdságú tölgyfa (~9 km) és mintegy 455-szöröse az 5,2 N/mm² húzószilárdságú beton (~0,44 km) hozzávetőleges szakadási hosszának

(<https://de.wikipedia.org/wiki/Reißlänge>),

(<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Reißlänge>).

Megjegyzés: Az $l_Q = f_t/(\rho \times g)$ textilszál szakadási hosszát „fajlagos szilárdságnak” (angolul: specific strength, németül: spezifischer Festigkeit) is nevezik (*Bergmeister*, 2003).

Az l_Q szakadási hossz úgy aránylik az L_Q megnyúlási hosszhoz, ahogy az f_t húzószilárdság aránylik az E rugalmassági modulusához:

$$\frac{l_Q}{L_Q} = \frac{f_t/(\rho \times g)}{E/(\rho \times g)} = \frac{f_t}{E} = \varepsilon_t$$

ahol ε_t a szakadási fajlagos megnyúlás, azaz a textilszál szakadási hosszának és megnyúlási hosszának hányadosa egyenlő a szakadási fajlagos megnyúlással.

A példánk szerinti szénszál esetén az ε_t szakadási fajlagos megnyúlás értéke:

$$\varepsilon_t = \frac{l_Q}{L_Q} = \frac{198,21}{12176} = \frac{3500}{215000} = \frac{f_t}{E} \approx 0,01628 = 1,628\%$$

Lásd még: Szénszáltexel, Üvegszáltexel, Textilszál

Téli betonozás

A hideg időben való betonozással, illetve a téli betonozással a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 20. fejezete foglalkozik.

A beton hideg időben vagy télen való készítésének a hideg mértékétől, a beton nyomószilárdsági osztályától (visszavont MSZ 15022/1:1986 szabvány), a felületi modulustól, a szél erősségétől függő (I. – V. hideglépcsőfok) függő szabályait *Ujhelyi János* akadémiai doktor a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 20. fejezetében foglalta össze.

A legfontosabb betontechnológiai teendők hideg időben való, illetve téli betonozás esetén a hideglépcsőfok függvényében a következők (MÉASZ ME-04.19:1995, 20. fejezet):

I. hideglépcsőfok: A keverővíz legalább +10 °C hőmérsékletű legyen, az ennél hidegebb vizet fel kell melegítem erre a hőfokra. Ha az éjszaka nagyon hideg volt és az adalékanyag emiatt nagyon lehűlt, akkor reggel-délelőtt betonozva a keverővizet még ennél is jobban célszerű felmelegíteni annak érdekében, hogy a betonkeverék legalább +5 °C hőmérsékletű legyen a bedolgozáskor. Szállítás közben védjük meg a betont a lehűléstől, illetve a transzportbeton a mixerkocsiba töltéskor olyan hőmérsékletű legyen, amellyel el lehet érni a legalább +5 °C bedolgozási hőfokot, de ne legyen +20 °C-nál melegebb.

A bedolgozott friss betonlemezeket célszerű azonnal letakarni hőszigetelő anyaggal, majd a beton meghúzása (a kötés befejeződése) után a takarást ideiglenesen vegyük le, hogy a betont legalább +15 °C hőmérsékletű vízzel lelocsolhassuk. Az utókezelés után újra takarjuk le a felületet.

II. hideglépcsőfok: A cementet, az adalékanyagot, az adalékszert és a kiegészítő anyagot úgy kell tárolni, hogy ne fagyhassanak meg. A keverővizet melegítsük fel legalább +20 °C hőmérsékletre, illetve annyira, hogy a beton hőmérséklete a bedolgozás alatt legalább +10 °C legyen. Ha az előrejelzés szerint fagy várható a bedolgozást követő fél-egy napon belül, akkor célszerű a betonkeveréket fagyátlószerrel készíteni.

A betont a lehető legvastagabb rétegben, gyorsan dolgozzuk be. Gondoskodjunk arról, hogy a zsaluzat, az acélbetétek, illetve a betonnal érintkező valamennyi szerelvény fagy- és dérmentes legyen. Hőszigetelés és utókezelés, mint az I. hideglépcsőfok esetén.

III. hideglépcsőfok: A betonkeverőgéphez adagolt cement legalább +2 °C, az adalékanyag legalább +5 °C, a keverővíz legalább +40 °C hőmérsékletű legyen. A betonkeverék hőmérséklete a keverés befejezésekor +25 °C-nál, a bedolgozáskor +20 °C-nál ne legyen

kevesebb. Célszerű nagy kezdőszilárdságú (450 pc, 450-R pc, 550 pc, visszavont MSZ 4702-2:1981 szabvány, amelyeknek ma az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti 42,5 N, 42,5 R, 52,5 N, illetve 52,5 R szilárdsági osztályú portlandcementek felelnek meg) portlandcementet, valamint szilárdulásgyorsító, illetve fagyátló adalékszer alkalmazni.

A betonkeveréket csak hőszigetelt eszközökben (például konténer) szabad szállítani. A zsaluzatot, az acélbetéteket, valamint a betonnal érintkező egyéb szerelvényeket gózzal, hőlégfúvóval vagy egyéb módon kell – szükség esetén – fagymentesíteni. A zsaluzatot a lehűlés ellen legfeljebb 0,2 W/mK hővezetési tényezőjű szigeteléssel védjük meg. Ha a beton hőmérséklete bedolgozáskor +20 °C-nál kevesebb, akkor gondoskodjunk mesterséges szilárdításról. Utókezelni legalább +20 °C hőmérsékletű vízzel kell, de a beton és a víz hőfokkülönbsége ne legyen 10 °C-nál több.

IV. hideglépcsőfok: A cement legalább +2 °C, az adalékanyag legalább +20 °C, a keverővíz legalább +50 °C hőmérsékletű legyen a keverőgépben mérve. A megkevert beton nem lehet +30 °C-nál, a bedolgozott friss beton +25 °C-nál hidegebb. A keverőgépet körül kell burkolni, a keveréket hőszigetelt, zárt tartályban kell szállítani és zsaluzatba öntése előtt a hőmérsékletét meg kell mérni. Egyebekben úgy kell eljárni, mint a III. hideglépcsőfok esetén.

V. hideglépcsőfok: A szükséges legkisebb hőmérsékletek a következők: cement +2 °C, adalékanyag +30 °C, keverővíz +50 °C, megkevert beton +40 °C, bedolgozott friss beton +30 °C. A keverőgép fűtött, zárt térben legyen. A gondosan hőszigetelt szállítótartály egy teljes keverést fogadjon be. Egyebekben úgy kell eljárni, mint a III., illetve IV. hideglépcsőfok esetében.

Lásd még: Cement, Felületi modulus, Friss beton fagyállósága, Hideglépcsőfok, Melegbeton

Tényleges folyáshatár

Angolul: Yield strength

Németül: Streckgrenze, Fließgrenze

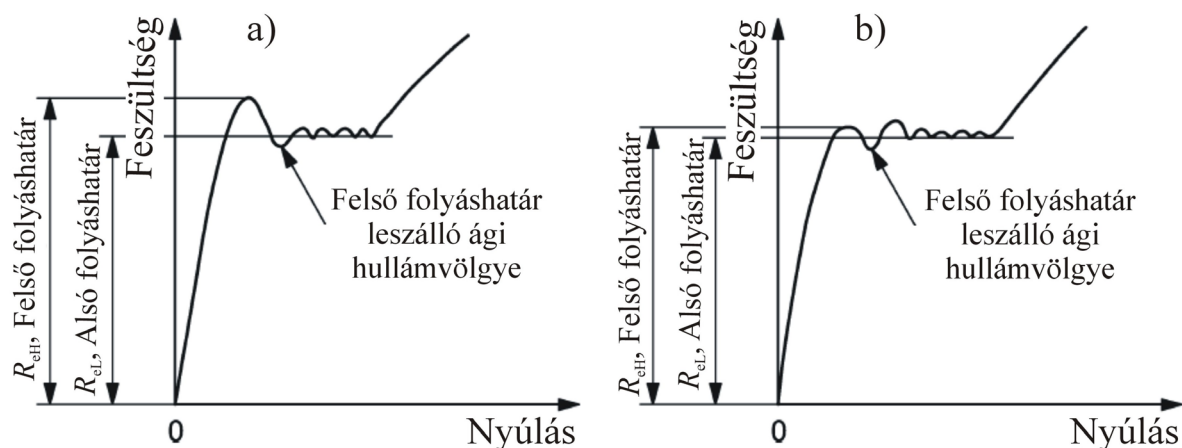
Tényleges folyáshatárnak a határozott folyáshatárú fémek – többek között a melegen hengerelt betonacélok – terhelt állapotban jelentkező folyáshatárát, az R_e jelű feszültséget nevezzük.

A tényleges folyáshatár független a nyúlástól, szemben a határozott folyáshatár nélküli fémek – többek között a hidegen alakított betonacélok és a feszítőacélok – egyezményes folyáshatárától és névleges folyáshatárától, amelyek valamely adott nyúlás értékhez tartoznak.

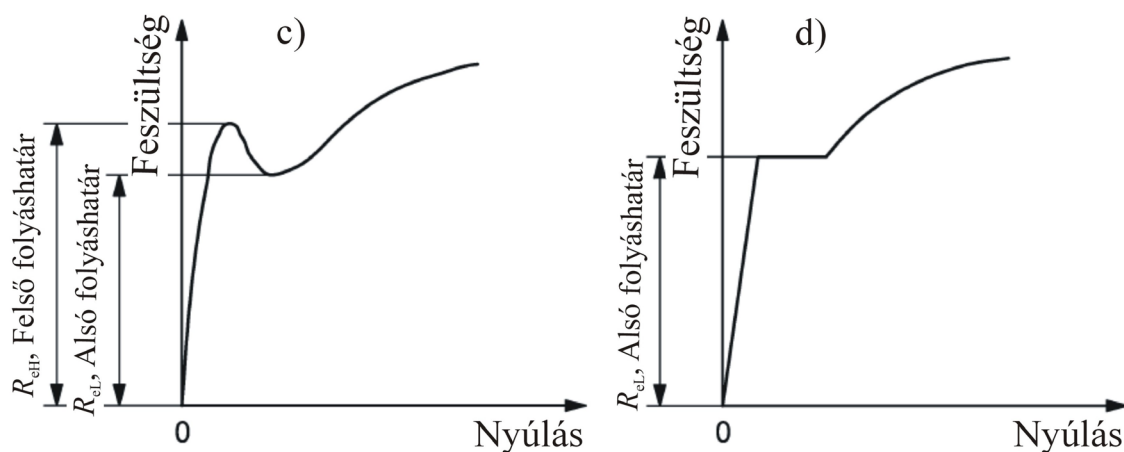
A tényleges folyáshatár változatai a nagy és a kis feszültség-ingadozású lüktető, az egyhullámú és az éles tényleges folyáshatár (1.5.T31. ábra).

A hegeszthető betonacélok MSZ EN 10080:2005 termékszabványában a tényleges folyáshatár mért ($R_{e,act}$) és előírt névleges ($R_{e,nom}$) értékének hányadosa ($R_{e,act}/R_{e,nom}$) osztályba sorolás nélkül szakítóvizsgálati jellemzőként szerepel.

A betonacélok és feszítőacélok (esetenként fémek) nyúlási és szilárdsági tulajdonságainak különböző szabványos jeleit *könyvünk 1.4.1. táblázatában* tekintettük át.



Lüktető tényleges folyáshatár a) nagy és b) kis feszültség-ingadozással



c) Egyhullámú tényleges folyáshatár

d) Éles tényleges folyáshatár

1.5.T31. ábra: A határozott folyáshatárú fémek tényleges folyáshatárának különböző változatai

Térbeli akadályozottság

Lásd: Szterikus gátlás

Térbeton, térburkolat

Angolul: Concrete floors of logistics facilities

Németül: Betonböden von Logistikanlagen

A térbeton a kültéri ipari, mezőgazdasági, közlekedési parkolók, tárolók, rakodók, átrakók stb. ún. logisztikai ²³⁹ létesítmények nagykiterjedésű, nagyszilárdságú, kopás- és időálló térburkolata, amely monolit betonból, vasbetonból, szálerősítésű betonból vagy előregyártott elemekből készülhet. (Csorba, 2013), (Langer, 2020)

A térbetonok jelentősége az áru fuvarozásban egyre nagyobb. Német felmérések szerint például a térbeton burkolatot igénylő vasúti-közüti konténer átrakók forgalma 2010-hez képest 2030-ra mintegy 80%-kal nő, és ennek a növekedésnek a mai, általában 230 mm vastag térbetonok nem

²³⁹ A logisztika a görög logosz szóból származik, alapvető jelentése értelem, számítás, tervezés, ok; újabban a személyek és főképp az anyagok üzleti életben való áramlását, tervezését, szervezését, irányítását, ellenőrzését, illetve ezek tárgyasult eszközeit jelenteni. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Logisztika>)

fognak megfelelni. Erre való tekintettel a Német Vasutak (Deutsche Bahn) az M VaB (Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton) műszaki útmutó sorozat 2018. évben megjelent 3. része (Container und Logistikflächen) alapján megkezdte a nagyobb vastagságú, nagy teherbírású és nagy tartósságú térbetonnal rendelkező átrakóállomások építését. (Langer, 2020)

A német M VaB műszaki útmutató 3. része szerint a kötött teherhordó rétegre (aszfalt vagy hidraulikus kötőanyagú réteg a fagyvédőrétegen) épített térbetonburkolat vastagsága a terhelési osztályoktól függően 260-600 mm, a kötetlen teherhordó rétegre (kavicsréteg a fagyvédőrétegen) épített térbetonburkolat vastagsága a terhelési osztályoktól függően 290-640 mm. A térbetontáblák 5 m hosszúságúak, és a hossz-szélesség aránya nem lehet több 1,5-nél. A térbeton nyomószilárdsági osztálya C35/45, hajlító-húzószilárdsága 5,5 N/mm².

A hazai EÍPE Esztrich és Ipari Padló Egyesület 2024-ben elhatározta a térbeton tárgyú ÉPMI építésügyi műszaki irányelv készítését.

Térfogatállandóság

Angolul: Soundness (hibátlanóság, jó minőség), Constancy of volume

Németül: Raumbeständigkeit

A térfogatállandóság a cementektől megkövetelt azon tulajdonság, hogy a *Vicat*-készülékkel meghatározott szabványos folyósságú cementpépéből készített friss cementpép próbatestek (lepények vagy korongok) korai, kötés, illetve szilárdulás alatti térfogatváltozása bizonyos határon belül maradjon. (Palotás et al., 2. kötet, 1979)

A cementklinkerben lévő égetett mész (CaO, kalcium-oxid) nagy része a szilícium-dioxidhoz, az agyaghoz vagy a vas-oxidhoz kötődik. A fennmaradó, betonban lévő „szabad kalcium-oxid” nedvesség jelenlétében „szabad kalcium-hidroxiddá” (Ca(OH)₂, portlandit) beoltódva a szilárd beton duzzadásához és mély repedések keletkezéséhez vezethet (*mészduzzadás*). A klinkerásványok között szabad magnézium-oxid (MgO, magnézia, periklász) is található, amely nagyobb mennyiségben duzzadásra hajlamos cementet adhat (*magnéziaduzzadás*). Annak elkerülésére, hogy a mész- vagy magnézia-duzzadás tönkretelje a betonszerkezetet, a nyersliszt összetételét a cementgyártás során szigorúan ellenőrzik, és a magnézia-tartalmat is korlátozzák. Közvetlenül a gyártás után mintákat vesznek a cementből, és térfogatállandóság vizsgálatnak vetik alá. (Palotás, 1979. 2. kötet), (Springenschmid, 2007 és 2018)

Hazánkban a cementek térfogatállandóságának vizsgálatára a vízpróba (régebbi nevén lepénypróba), a főzőpróba és a *Le Chatelier*-gyűrűs módszer (*Le Chatelier*-próba) terjedt el, amelyek mindegyikéről Palotás László professzor „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének második kötetében olvashatunk (Palotás et al., 2. kötet, 1979).

A friss cementpéplepények térfogatállandóságát 1990 előtt a visszavont MSZ 523-5:1975 szabvány és elődei szerint vizsgáltuk, ma a térfogatállandóságot cementpépkorongokon az MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerint kell meghatározni.

- A vízpróba leírását például az MSZ 523:1953 visszavont szabvány, az MSZ 523-5:1971 visszavont szabvány, az MSZ 523-5:1975 visszavont szabvány;
- a főzőpróba leírását például az MSZ 523:1953 visszavont szabvány, az MSZ 523-5:1971 visszavont szabvány, az MSZ 523-5:1975 visszavont szabvány, valamint a DIN 1164-11:2024;
- a *Le Chatelier*-gyűrűs módszer leírását például az MSZ EN 196-3:1990 visszavont szabvány tartalmazta, illetve az MSZ EN 196-3:2017 szabvány tartalmazza.

Az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint az általános felhasználású cementek MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerint meghatározott *Le Chatelier*-gyűrűs térfogatállandóságának (tágulásának, duzzadásának) megengedett mértéke 10 mm.

A szilárd cementkő *Graf-Kaufmann*-próbasabos hosszváltozás mérési módszere például az

MSZ 523-5:1971 visszavont szabványban, az MSZ 523-5:1975 visszavont szabványban; az autoklávolt cementkő hosszváltozásának „autoklávpróba” szerinti vizsgálati módszere például az MSZ 523-5:1971 visszavont szabványban, az MSZ 523-5:1975 visszavont szabványban, valamint az ASTM C 151/C 151M:2023 szabványban olvasható. (Siebel szerk., 3. kötet, 1957) Lásd még: Autoklávpróba, Főzőpróba, Graf-Kaufmann-készülék, Le Chatelier-gyűrű, Mészduzzadás, Magnéziaduzzadás

Térfogategyenlőségi tényező, térfogategyenlőségi átszámítási tényező

Két anyag testsűrűségének hányadosa. Más szóval két különböző testsűrűségű, azonos térfogatú anyag tömegének hányadosa, azaz viszonzyszáma, például:

$$\varphi = \rho_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}} = M_{\text{szokványos beton}} / M_{\text{könnyűbeton}}$$

A térfogategyenlőség elve szerint két különböző testsűrűségű anyag akkor tekinthető például azonosan fagyállónak, ha az MSZ CEN/TS 12390-9:2018 európai műszaki specifikáció 5. szakasza szerinti hámlasztási veszteségeik térfogata azonos, tehát hámlasztási veszteségeik tömegének (ΔM) viszonzyszáma megegyezik testsűrűségük viszonzyszámával, azaz a térfogategyenlőségi tényezővel, például:

$$\Delta M_{\text{szokványos beton}} / \Delta M_{\text{könnyűbeton}} = \rho_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}} = \varphi$$

Lásd még: Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.

Térfogatsúly

A térfogategységben lévő anyag súlya:

$$\frac{\text{Súly (erő)}}{\text{Térfogat}} = \frac{\text{Tömeg} \times \text{Nehézségi gyorsulás}}{\text{Térfogat}}$$

Térfogat alatt az anyag befoglaló (légpórusokkal, légbuborékokkal, hézagokkal stb. együtt) térfogatát kell érteni.

Mértékegysége: N/m³

Lásd még: Testsűrűség

Térfogati fajlagos felület

A térfogati fajlagos felület az egységnyi testtérfogatú szemhalmaz szemeinek felületösszege, azaz a szemhalmaz szemei külső felülete összegének és a szemek – többnyire pórusokat is tartalmazó, tehát a külső felület által határolt – térfogata összegének hányadosa. Szemmegoszlás jellemző. Mértékegysége: m²/m³ = m⁻¹, mm²/mm³ = mm⁻¹ (1 m²/m³ = 10⁻³ mm²/mm³)

Grafoanalitikus számítással a térfogati fajlagos felület (f_v) egyenlő a reciprok beosztású abszcissa-tengely felett ábrázolt szemmegoszlási görbe alatti terület (T_{d-1}) hatszorosával:

$$f_v = 6 \times T_{d-1} \quad [\text{mm}^2/\text{mm}^3]$$

A számítás során a 0,001 mm-nél kisebb szemnagyságú szemeket figyelmen kívül hagyjuk. (MSZ 18288-5:1981)

A térfogati fajlagos felületet (f_v [m²/m³]) elosztva a kiszárított állapotú szemhalmaz szemeinek átlagos testsűrűségével ($\rho_{\text{testsűrűség}}$ [kg/m³]) a (tömeg szerinti) fajlagos felületet (f) kapjuk [m²/kg], illetve: [cm²/kg]):

$$f = \frac{f_v}{\rho_{\text{testsűrűség}}} \quad [\text{m}^2/\text{kg}], \text{ illetve}$$

$$f = 10^4 \times \frac{f_v}{\rho_{\text{testsűrűség}}} \text{ [cm}^2\text{/kg]}$$

Például valamely 300 m²/kg fajlagos felületű és 2400 kg/m³ testsűrűségű szemhalmaz térfogati fajlagos felülete 720 mm²/mm³, és például a 360 m²/kg fajlagos felületű és 2000 kg/m³ testsűrűségű szemhalmaz térfogati fajlagos felülete ugyancsak 720 mm²/mm³. (Kausay, 2004), (<https://www.betonopus.hu/notesz/szemmegoszl-jell-harmonia/7-terfogati-fajlagos.pdf>)

Lásd még: Fajlagos felület

Tétel

Az MSZ 4798:2016 szabvány felfogásában a tétel az a betonmennyiség, amelyből egyenletes időközökben vett minták vizsgálati eredményei együtt értékelhetők, illetve az a betonmennyiség, amely az egyenletes időközökben vett minták együtt értékelt vizsgálati eredményeivel jellemezhető.

Timföld

A timföld (Al₂O₃) az alumíniumgyártás köztes terméke, amelyet a bauxit kilúgozásával állítanak elő. Az eljárás közben keletkező melléktermék a vörösiszap, amely lúgossága és finom szemnagysága folytán veszélyes hulladék. A timföld a nagy timföldtartalmú aluminátcement egyik alapanyaga.

Timföld-modulus

A timföld-modulus (TM = Al₂O₃/Fe₂O₃) az aluminát-modulus főképp német nyelvterületen használt megnevezése (→ Tonerdemodul, TM).

Szokványos cementek esetén az értéke 1,5 és 2,5 közé esik (Keil, 1971); értéke az aluminát-cementek, tűzálló cementek esetén TM > 4, szulfátálló portlandcementek esetén TM < 1,5 (Stark et al., 2000).

Lásd: Aluminát-modulus

Timföldcement

Lásd: Aluminátcement, Kalcium-aluminát cement

Timolftalein-oldat

A timolftalein-oldat például a beton karbonátosodása mélységének kimutatására alkalmas sav-bázis-indikátoroldat.

Lásd még: Karbonátosodás

Titrlás

A titrlás kémiai eljárás valamely *A* anyag mennyiségének meghatározására azáltal, hogy hozzá fokozatosan, ismert mennyiségű adagokban, vele reakcióba lépő *B* anyagot adunk mindaddig, amíg az *A* anyag teljes mennyisége a reakció során elfogy. Az *A* anyag eredeti mennyiségét a *B* anyag felhasználódott mennyiségéből az *A* és *B* anyag reagáló mennyiségei közötti ismert arány segítségével kiszámítjuk (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984).

A sav-bázis titrlás a beton karbonátosodási mélysége meghatározásának egyik módszere (Benedix, 2008)

Lásd még: Baumann-Gully-féle savassági fok, Karbonátosodás, Savassági fok

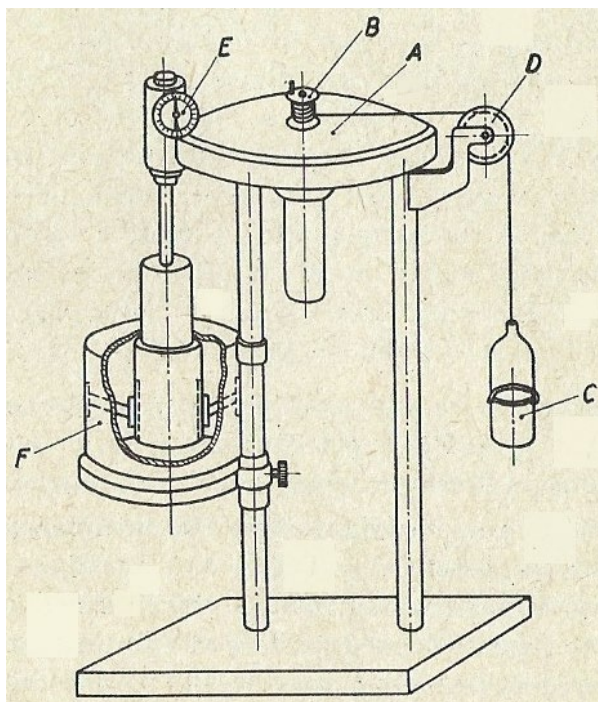
Tixotrópia

A tixotrópia egyes szuszpenzióknak (például a bentonit zagynak) az a tulajdonsága, hogy mechanikai hatásra, például rázásra, vibrálásra, keverésre elfolyósodnak, és a hatás megszűnte után bizonyos idő után újra megszilárdulnak.

A tixotrópiát a szuszpenzióknak a visszavont MSZ 17746:1953 R ajánlott szabvány szerinti a dermedési idejével, a mozgási ellenállásával és a belső súrlódásával (viszkózitásával) lehet jellemezni.

A tixotróp szuszpenziók dermedési ideje az az idő, amely a 10%-os és optimális szobamennyiséggel aktivált, 1 órán át rázott szuszpenzió megdermedéséhez szobahőmérsékleten szükséges.

A szuszpenziók mozgási ellenállását és belső súrlódását (viszkózitását) például az MSZ 17746:1953 R ajánlott szabvány szerinti *Stormer*-féle rotációs viszkoziméteren mérjük (1.5.T32. ábra).



1.5.T32. ábra: Az MSZ 17746:1953 R szabvány szerinti *Stormer*-féle tixotrópiamérő rotációs viszkoziméter

A *Stormer*-féle rotációs viszkoziméter az állványból, a ráépített házban elhelyezett gyorsító áttételből (A), az ahhoz csatlakozó és egy irányban szabadon forgatható orsóból (B) és a ráerősített fonálra függesztett súlytartó serpenyőből (C), valamint a fonál vezetőségéből (D), továbbá a fordulatszámoló szerkezettel ellátott rotációs fejből (E) és az állványra esúszthatóan felszerelt, temperáló fürdővel ellátott, szuszpenzió tartóedényből (F) áll. A gyorsító áttételbe (A) egyszerű elfordítással működő fékező és egyúttal kioldó csappantyú van beépítve, amellyel a mérésre kész állapotban a készülék elindítható és megállítható.

A mozgási ellenállás a g -ban²⁴⁰ ($1\text{ g} \sim 0,00981\text{ N}$) kifejezett azon erő, amely ahhoz szükséges, hogy a *Stormer*-féle rotációs viszkoziméternek (1.5.T32. ábra) vagy közvetlenül a mérés előtt felkevert szuszpenzióba, vagy 10 perccel a keverés utáni szuszpenzióba merített forgó része fél fordulatot végezzen. Például bentonit szuszpenzió (zagy) tixotrópiai képességére az MSZ 17746:1953 R ajánlott szabvány szerint a 10 és 0 perces, g -ban mért indítónyomatékok különbsége a jellemző.

A 6%-os töménységű bentonit szuszuszpenzió (zagy) belső súrlódást (viszkózitást) a *Stormer*-féle rotációs viszkoziméterrel (1.5.T32. ábra) 600/perc fordulat mellett, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ szuszpenzió-hőmérsékleten mérjük és cP-ban fejezzük ki. A *Stormer*-féle rotációs viszkoziméter csak 10 cP viszkózitás környezetében ad gyakorlatilag elfogadható értéket.

Az MSZ 17746:1953 R ajánlott szabványt az MSZ 27. számú (1967) szabványgyűjteményben is közzétették

²⁴⁰ 1 kg tömeg a Földön átlagban 1 kp erőt képvisel, és $1\text{ kp} \sim 9,81\text{ N}$.

Megjegyzés: A vízepítésben alkalmazott résfalak bentonitjai mozgási ellenállásának és belső súrlódásának meghatározására az MI-10-238:1978 visszavont vízügyi műszaki irányelv szintén a *Stormer*-féle rotációs viszkozimétert ajánlja.

Lásd még: Bentonit, Szuszpenzió, Viskozitás

<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/173-viszkozitas.pdf>

TOC-tartalom

„Total organic carbon”, a mészkőliszt szerves anyagban (tehát nem a kalcium-karbonátban, hanem szerves élőlények lágyabb részeinek nem oxidálódott ülepedési maradványában) kötött összes széntartalma, amelyet az MSZ EN 13639:2017 szabvány szerint kell meghatározni. Mennyiségét az MSZ EN 197-1:2011 cementszabvány korlátozza. A megengedett TOC-tartalom az MSZ EN 197-1:2011 szerinti LL jelű portlandcementekben kisebb ($\text{TOC} \leq 0,2$ tömeg%), mint az L jelű portlandcementekben ($\text{TOC} \leq 0,5$ tömeg%).

Torkrétbeton

A torkrétbeton a szárazon lövellt beton régi, néha még ma is használt elnevezése.

A „torkret” szó a latin „tector” (falak vakolója, falfestő, gipszdíszítő mester) és az angol „concrete” (beton) szavak utolsó szótagjainak összevonásából született. (*Hilgard*, 1921)

Torkrétozás során a nagy sebességgel a fogadó felülethez csapódó betonkeverék nagyobb adalékanyagsszelei kezdetben visszapattannak, mígnem a felületen cementhéj keletkezik, amelyben először a finom részecskék tapadnak meg, majd a fellövellt réteg vastagságának növekedésével az adalékanyag durvább szelei is beágyazódnak. Az eredmény egy sűrű, kiváló tapadású és szilárdságú betonréteg.

A száraz-technológiájú habarcs-torkrétozás technikája *Carl Ethan Akeley* XIX. század végi gipsztej-szórópisztolyának megalkotásától számítva mintegy két emberöltőnyi időn át fejlődött, mígnem kialakult a vizes-technológiájú beton-torkrétozás, illetve betonlövellés módszere.

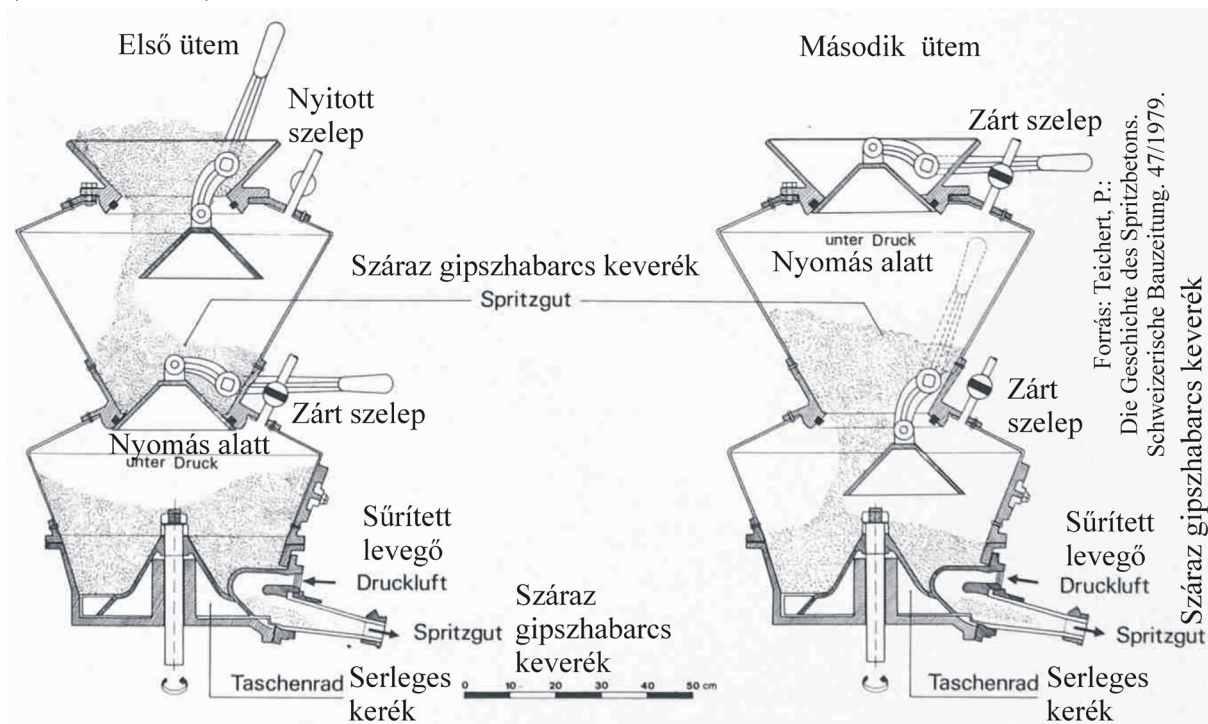
Carl Ethan Akeley természettudós, Afrika-vadász, állatpreparátor (1864–1926)²⁴¹ az USA-ban az 1890-es évek végén állat-preparátumok készítéséhez gipszfecskendőt készített, majd az

²⁴¹ *Carl Ethan Akeley* természettudós 1895-től tizennégy éven át a chicagói Field Columbian Múzeumban dolgozott, ahol *Clarence L. Dewey* modellépítő technikus részvételével sűrített levegővel működő, színes gipsztejet permetező „szórópisztolyt” szerkesztett csövekből, drótokból, szövetből és gipszből, hogy azzal anatómiailag valóságghú preparátumokat készítsen a többségében saját expedícióin vadászott állatokból, és azokat az élőhelyeiket valóságghú bemutató-panorámákba helyezze. Akkoriban a chicagói Field Columbian Múzeum az 1892-es világiállításra épített Jackson Park egyik leromlott állapotú épületében volt, amelynek külső falait *Carl E. Akeley* munkatársával 1907. június 24-én az állat-preparátumok készítéséhez használt szórópisztolynál nagyobb „gipszfecskendő”-vel (angolul: plastergun, németül: Gipssspritze) mintegy fél centiméter vastagságban bevakolta oly módon, hogy a gipszfecskendővel száraz vakolatot táplált a szállítóvezetékbe, amelyben a száraz vakolat sűrített levegővel továbbítva a fúvókához jutott, ahol a szilárduláshoz szükséges, külön csövön keresztül adagolt vízzel keveredett.

A gipszfecskendőnek két, függőleges elrendezésű kamrája volt, amelyek közötti nyílást légmentesen zárni lehetett. Miután az alsó kamrát sűrített levegővel, a felsőt pedig a száraz gipszkeverékkel megtöltötték (első ütem), majd a felső kamrát is sűrített levegő nyomása alá helyezték, a két kamrát összenyitva a gipszkeverék saját súlyánál fogva a felső kamrából az alsó kamrába csúszott (második ütem). A száraz gipszkeverék az alsó kamrából serleges kerék és sűrített levegő segítségével a szállítóvezetékbe jutott. A második ütem végén, a kamrák közötti nyílás bezárása és a felső kamra szelepének kinyitása után azonnal indították az első ütemet, ezzel folyamatosan ellátva száraz gipszkeverékkel az alsó kamrát, illetve a szállítóvezetékét. Ez a folyamatos üzemű kétkamrás rendszer mind a mai napig jellemzi a betonlövellőgépeket.

Carl E. Akeley 1906-ban találkozott a szintén nagy természetbarát *Theodore Roosevelt* amerikai elnökkel, akit 1909 őszén elkísért az afrikai vadászútra. Valószínűleg *Theodore Roosevelt* szorgalmazta, hogy a barátjának fogadott *Akeley* tökéletesítse és az építőiparban kereskedelmileg hasznosítsa gipszfecskendőt. A „Cement-gun” névre keresztelt, 1911-ben szabadalmat nyert készülékkel legfeljebb 2 m³ száraz keveréket lehetett óránként készíteni, és az egy menetben felszórt rétegvastagság 15 mm volt; miután ez kellőképp megszilárdult rászórták a

1907-ben készült, építési célra alkalmas első gipszfecskendőjéből (1.5.T33. ábra) továbbfejlesztett, száraz cementhabarcs szórására alkalmas „Apparatus for mixing and applying plastic or adhesive materials”, azaz „képlékeny vagy tapadó anyagok keverésére és felhordására szolgáló készülék”-re 1908-ban szabadalmi igényt jelentett be. A „Cement-gun” (cementágyú) névre keresztelt készülékre (1.5.T34 ábra) Carl E. Akeley a szabadalmat 1911. május 9-én kapta meg, majd azt, illetve a készülék hasznosításának jogát még ebben az évben S. W. Traylor építőmérnök vállalkozásának (Engineering Company in Allentown) eladta. (Tiechert, 1979)



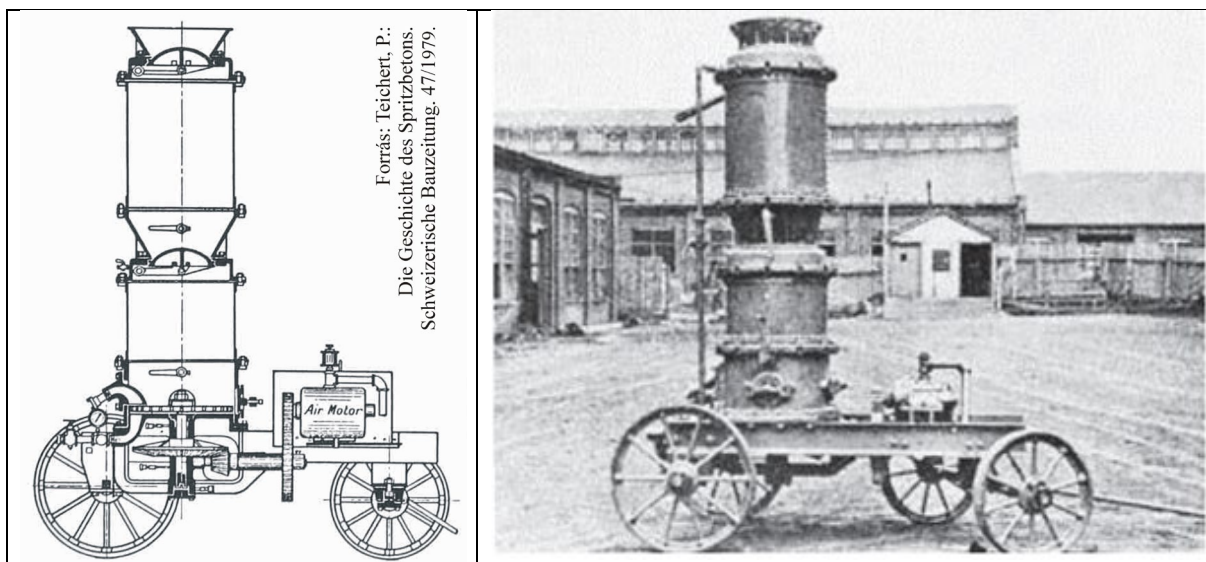
1.5.T33. ábra: Carl E. Akeley 1907-ben készült, építési célra alkalmas első gipszfecskendőjének működési rajza (Tiechert, 1979)

következő réteget, és ily módon tetszőleges vastagságú habarcsréteget építettek fel. A készülékhez mintegy 1:4 arányú cement:(száraz homok) keveréket használtak, amelynek legnagyobb szemnagyság 10 mm volt.

A „Cement-gun” készülék kifejlesztésében 1908-1909-ben Clarence L. Dewey technikuson kívül Carl Weber német mérnök is részt vett, akinek neve szorosan kötődik a lőttbeton történetéhez.

Carl Ethan Akeley rendkívül sokoldalú tudós volt, 1895 és 1921 között 37 különféle szabadalmat kapott; Belgia-Kongóban, 1926. november 17-én, az ötödik afrikai vadászútján, lázrohamban hunyt el.

Az Engineering Company in Allentown cég immár Cement-Gun Company néven eleinte az Egyesült Államokban terjeszkedett, majd a 1920-as évek elején Angliában és Európában, főképp Svájcban (1921), valamint Indiában és Dél-Afrikában, Ausztráliában, Új-Zélandon és Dél-Amerikában is teret hódított. (Tiechert, 1979)



Forrás: Teichert, P.:
Die Geschichte des Spritzbetons.
Schweizerische Bauzeitung, 47/1979.

1.5.T34. ábra: Carl E. Akeley „Cement-gun” elnevezésű cementpép szórógépe 1910-ben készült első modelljének rajza (Teichert, 1979) és fényképe (<https://www.deutsches-museum.de/assets/Verlag/Download/Studies/Studies-1-download.pdf>)

Hilgard (1921) az amerikai „Cement-gun” (németül: Zementkanone) cementágyúval foglalkozó cikkében írta, hogy az Akeley-féle gipszfeckendős torkrét-eljárást Magyarországon Vass József (1867, Arad – 1951, Budapest) építészmérnök fejlesztette tovább és szabadalmaztatta 1908-ban²⁴².

A „Cement-gun” készülékkel az USA-ban dolgozott a német-amerikai Carl Weber mérnök, aki Németországban, 1919-ban a saját fejlesztésű száraz-technológiájú, „Tector-készülék”²⁴³ névre keresztelt betonlövellőgépét szabadalmaztatta, és aki 1920-ban a gép gyártására és értékesítésére „Deutsche Torkret Baugesellschaft” néven céget alapított. A berlini, majd 1956-tól essen szék helyű, később Torkret GmbH. névre keresztelt cég hosszú éveken át vezető szerepet töltött be a betonlövellés technológiájának területén. A Torkret GmbH 2012-ben az Ed. Züblin AG. társaság építményfenntartási részlegéhez csatlakozott. (Teichert, 1979)

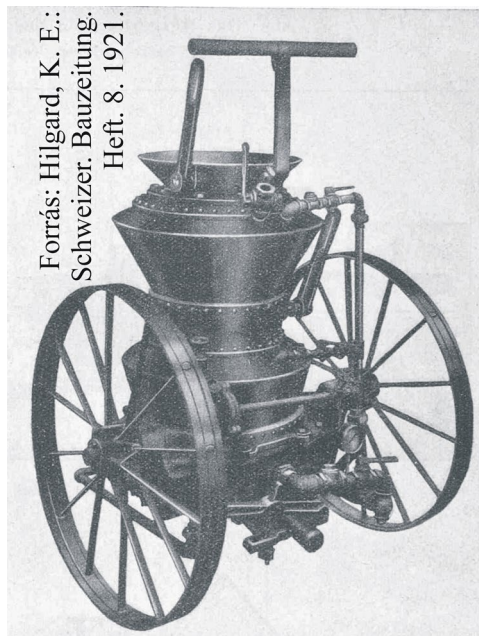
A Tector-készülék fényképe és működési vázlatrajza az 1.5.T35. ábrán látható. Az eljárás során a megfelelő arányban megkevert, cementből, homokból és a munka céljától függően esetleg finom kavicsból álló vakolóanyagot enyhén megnedvesítik, hogy elkerüljék mind a porképződést és az ebből következő cementvesztést, mind munka megszakítását okozó dugulásokat. Az így előkészített „száraz” keveréket az 1. jelű tölcseren keresztül a keszonként²⁴⁴ működő, alulról a 6. jelű záróharanggal zárt 5. jelű felső anyagtartályba töltik (I. ütem kezdete). Ezután a 4. jelű felső reteszselő karral bezárják az 5. jelű felső anyagtartály 3. jelű felső, záróharangját, és az 5. jelű felső anyagtartályt a B. szelepen keresztül sűrített levegővel feltöltik, majd a 7. jelű alsó reteszselő karral kinyitják az 5. jelű felső és a mindig sűrített levegővel feltöltött 8. jelű alsó anyagtartály közötti 6. jelű alsó záróharangot (I. ütem vége, illetve II. ütem kezdete), miáltal a száraz vakolóanyag-keverék önsúlyánál fogva a 8. jelű

²⁴² Lásd: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Vass_József_\(építészmérnök\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Vass_József_(építészmérnök))

²⁴³ A latin „tector” a „tectorium” (habarcsréteg, védőtakaró) szóból ered. A „Deutsche Torkret Baugesellschaft” cégnévben a „Torkret” szó a latin „tector” (falak vakolója, falfestő, gipszmester) szóból származó „tor” szótagból és a „concretum” (latinul habarcs, kötőanyag, átvitt értelemben beton) „cret” részéből tevődik össze. (Teichert, 1979)

²⁴⁴ A keszon (francia eredetű szó: caisson; jelentése: munkakamra, süllyesztőszekrény) zsilipelésre szolgáló kamra a nyomás nélküli és a túlnyomásos légtér között. Például ilyen keszonban ülve mennek a szabad levegőről a túlnyomás alatt épülő alagútba –, illetve jönnek onnan a szabad levegőre – a metróvonalat építő szakmunkások vagy a túlnyomásos bányába a bányászok.

alsó anyagtartályba csúszik, majd onnan a 18. jelű könyökön keresztül bevezetett lövellő sűrített levegő és a 11. jelű adagolókerék segítségével a G. jelű helyen csatlakozó betonlövellő-tömlőbe, illetve a keverékszallító-vezetékbe kerül. A 6. jelű alsó záróharang bezárása után azonnal kinyitva a 3. jelű felső záróharangot, és az 5. jelű felső anyagtartályt újból anyagkeveréssel megtöltve biztosítható a betonlövellőcső folyamatos anyagellátása, illetve a *Tector*-készülék folyamatos működése. Az I. ütem és a II. ütem egyidejűleg párhuzamosan fut. A friss habarcs szükséges keverővize – száraz-technológia révén – külön vékony vezetéken jut a szórópisztolyhoz. (*Hilgard*, 1921)

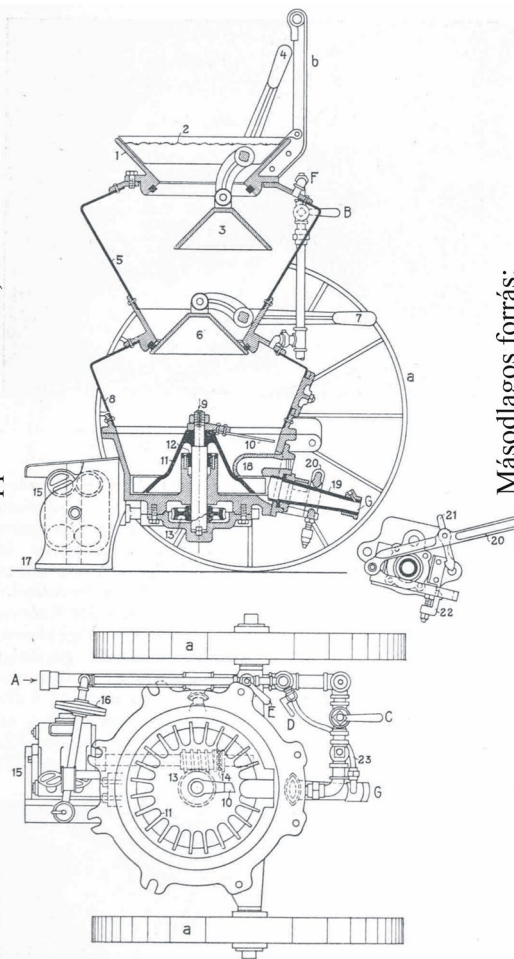


Forrás: Hilgard, K. E.:
Schweizer. Bauzeitung.
Heft. 8. 1921.

Jelmagyarázat (*Hilgard*, 1921):

- a Kerekek
- b Vezérlőkar
- A Sűrített levegő vezeték csatlakozása
- B Sűrített levegő bevezető szelep az 5. és 8. anyagtartályhoz
- C Lövellő sűrített levegő szelep
- D Keringő sűrített levegő szelep
- E Levegőmotor tápszelep
- F Anyagtartály légmentesítő szelep
- G Lövellő-tömlő csatlakoztatása
- 1. Töltőtölcsér
- 2. Huzalszita
- 3. Felső záróharang
- 4. Felső reteszelő kar
- 5 Felső anyagtartály,
- 6. Alsó záróharang
- 7. Alsó reteszelő kar
- 8. Alsó anyagtartály
- 9. Adagolókeréktengely

Elsődleges forrás: Hilgard, K. E.: Die amerikanische Zementkanone und ihr Anwendungsbereich. Schweizerische Bauzeitung. Heft. 8. pp. 92-95. Zürich, 1921.



Másodlagos forrás:
Szilard, A.: Das Torkretverfahren und seine technischen Probleme.
Verlag von Julius Springer. Berlin, 1925.

- 10. Keverőedénykar
- 11. Adagolókerék
- 12. Adagolókerék tengelytömítése
- 13. Csigakerék
- 14. Nyomócsapágy a csavarorsóhoz
- 15. Sűrített levegő motor
- 16. Légszűrőtárcsa
- 17. Készülékaltal
- 18. Lövellő sűrített levegő bevezetőkönyök
- 19. Betonlövellőcső
- 20. Záró és szabályozó kar
- 21. Reteszhorog
- 22. Zárókampó
- 23. Sűrített levegő keringető vezeték

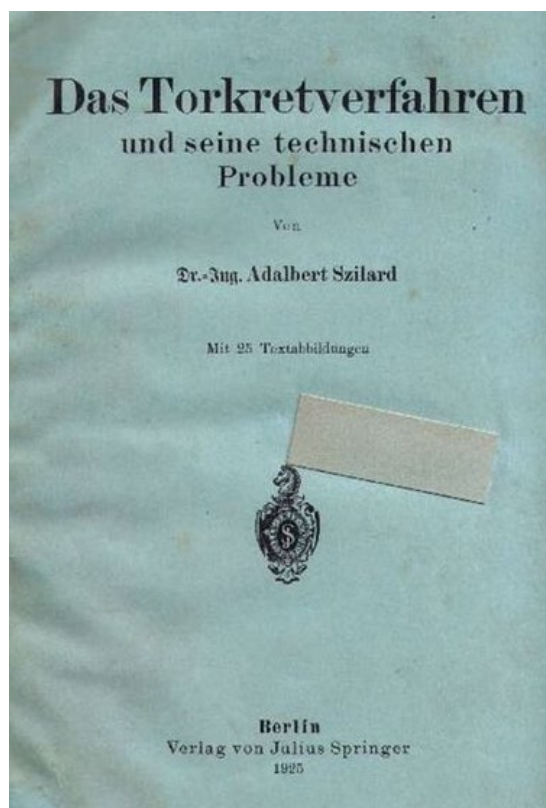
1.5.T35. ábra: A Tector-készülék fényképe (*Hilgard*, 1921) és működési vázlatrajza (*Hilgard*, 1921), (*Szilard*, 1925)

Továbbfejlesztett száraz-technológiájú torkrétbeton-lövellőgépet még 1962. évben is gyártottak, annak egy példánya a müncheni Deutsches Museum-ban látható (*1.5.T36. ábra*). A kétkamrás gép a betonkeveréket 500 m távolságra és 100 m magasra továbbította

(<https://www.deutsches-museum.de/assets/Verlag/Download/Studies/Studies-1-download.pdf>)



1.5.T36. ábra: Az 1962. évben gyártott, akkor legújabb száraz-technológiájú torkrétbeton-lövellőgép a müncheni Deutsches Museum-ban. A kétkamrás gép a betonkeveréket 500 m távolságra és 100 m magasra továbbította (<https://www.deutsches-museum.de/assets/Verlag/Download/Studies/Studies-1-download.pdf>)



1.5.T37. ábra: A magyar származású Dr.-Ing. Adalbert Szilard „A torkrét-eljárás és annak technikai problémái” című, 1925-ben megjelent tanulmányának borítója (Szilard, 1925)

A klasszikus száraz-technológiájú torkrétbeton-technológia mellett (1.5.T36. ábra) már a XX. század elejétől fogva többen foglalkoztak a szükséges keverővizet tartalmazó kiindulási keverékkel dolgozó vizes-technológia kifejlesztésével és szabadalmaztatásával. A szórványosan megjelent vizes-technológiai módszerek eleinte nem voltak versenyképesek, de elősegítették a betonszivattyúk fejlesztését, majd csak az II. világháború után kezdtek egyre jobban elterjedni, főképp a bányászati és alagútépítési (tehát zárt térben való) alkalmazást²⁴⁵ hátráltató száraz-technológiájú torkrétozást kísérő jelentős porképződés csökkentése érdekében. (Tiechert, 1979)

A magyar származású Szilárd Adalbert²⁴⁶, aki doktori értekezésének témájául a száraz-technológiájú Torkrét-eljárást választotta, és értekezését különlenyomat alakjában is közzé tette

²⁴⁵ Az 1950-es évek közepétől a torkrét-eljárást az alagútépítésben is alkalmazták, elsősorban az ún. „új osztrák alagútépítési módszer” (Neue Österreichische Tunnelbauweise) részeként. (Tiechert, 1979)

²⁴⁶ A „Geni” amerikai-izraeli genealógiai weboldal (<https://www.geni.com/people/Béla-Silard-Szilárd-Spitz/6000000025955733462>) szerint Dr. Béla Adalbert Silard (Szilárd-Spitz) építésmérnök (Budapest, 1900. szeptember 6. – Pleasantville, Westchester County, USA, 1994. május 25.) Szilárd Leó (Budapest, 1898. február 11. – La Jolla, San Diego, Kalifornia, US, 1964. május 30.) magfizikusnak, a nukleáris láncreakció és az atombomba társfeltalálójának az öccse és Szilárd (Detre) Rózsi (Budapest, 1901. december 15. – Denver, Colorado állam, USA, 1968. március) bátyja. A három testvér édesapja Szilárd-Spitz Lajos (Turdossin, Szlovákia, 1860. december 23. – USA, 1955.) mérnök, budapesti híd- és vasútépítési vállalkozó, édesanyja pedig Vidor Tekla (Budapest, 1871. május 21. – Budapest, 1939. április 9.). Lásd: <http://lathatatlan.ovas.hu/index.htm?node=48015>,

(1.5.T37. ábra), elégedetlen volt a XX. század eleji vizes-technológiájú betonlövellési kísérletek eredményeivel, mint írta: a száraz-technológiájú Torkrét-eljárás helyett „pusztán elvileg más utat is lehetett volna járni, amit – bár kedvezőtlennek kell minősítenünk – meg kell említenünk, mert különösen az elmúlt években ismétlődő próbálkozások nem vezettek kielégítő eredményekre. Ezzel a módszerrel a vizesen kevert anyagot a légáramba vezetik, és a tömlőn keresztül a felhordási pontig továbbítják. Ezen a sokkal nehezebb és hátrányosabb úton való továbblépés oka a Torkrét-eljárás alapjául szolgáló összes fő elv hatékony szabadalmi védelme. Meg kell próbálni hasonló hatást elérni, mint a Torkrét-eljárásnál, a száraz keverék fűvókánál való nedvesítését megkerülve. A torkrétbeton helyesen felismert gazdasági és műszaki előnyei rendkívül csábítóvá tették ezt a feladatot. A következőkben megpróbáljuk megmagyarázni, miért nem jártak sikerrel ezek az erőfeszítések.” (Szilárd, 1925)

A száraz-technológiájú torkrétbeton jó tulajdonságai, mint

- elsősorban a szilárdság, a tapadóképeség és a tömörség;
- másodsorban a teherbíróképeség, a szilárdság tűz hatására, a kis önsúly, a vízállóság és a kémiai ellenállóképesség

az anyagsugár nagy sebességében rejlenek, amely a szállítóvezetékben legalább 60-70 m/s, és a fűvókát elhagyva mintegy 100 m/s. Szemben a száraz-technológiával, a megkevert friss beton hajlamos szállítás közben a tömlő falához tapadni; ezért nedves-technológia esetén a szükséges szállítási sebesség – azonos fűvóka-kilépési sebesség mellett – a száraz-keverék szállítási sebességénél sokkal nagyobb, annak akár többszörösét is elérheti. A nagyobb szállítási sebesség nagyobb tömlő-kopással jár; a száraz-keverékhez képest a vizes keverék eltömődésének veszélye, sűrűlódása a vezetékfalán és így nyomásesése, illetve nyomásvesztése nagyobb, ami nagyobb nyomást, valamint többlet sűrített levegő ellátást tesz szükségessé. Ezt megnehezítette, hogy Szilárd Adalbert korában a légkompresszorok nyomáshatára 6-7 atm volt. (Szilárd, 1925)

A száraz-technológiájú torkrétozás további előnye, hogy – akár a műszak végén, akár a munka rövid megszakítása idején – az anyagadagoló bekapcsolásával a szállítóvezetékben lévő maradékanyagot néhány másodperc alatt ki lehet fújni, miáltal a vezeték azonnal kiürül, tiszta és száraz lesz, miközben a sűrített levegő eközben is a víz továbbítására használható. Vizes-technológia esetén az anyagszállító-vezeték vizes állapota miatt ilyenkor elkerülhetetlen a vezeték utólagos átmosása, ami anyagvesztéssel jár. Előny az is, hogy a száraz anyag szállítása során a vezeték sokkal ritkábban tömődik el, mint a vizes keverék szállításakor, amely bele is köthet a vezetékbe. (Szilárd, 1925)

A száraz keverék nedvesség-tartalma legalább 3% és legfeljebb 5%, a sűrített levegő pedig száraz legyen. Ha a levegőt szárítani kell, akkor arra az olyan berendezés a legalkalmasabb, amely a kompresszorból kikerülő kenőolajat is kiszűri. A levegőszárító-berendezést a legcélszerűbb a kompresszor szívóvezetékébe illeszteni. (Szilárd, 1925)

Szintén magyar vonatkozás: a Bányászati és Kohászati Lapok 1938. január 1-jei számának (LXXI. évfolyam. 1. szám) 5. oldalán Faller Jenő okl. bányamérnök a „Beszámoló a várpalotai

https://www.facebook.com/lechnertudaskozpont/posts/2913993735497149/?locale=hi_IN

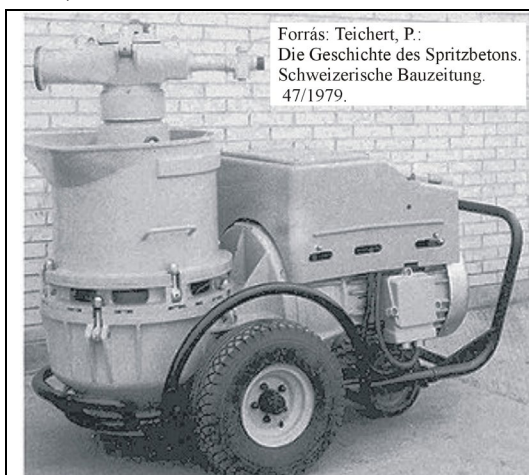
Szilárd Adalbert Béla (Adalbert Szilárd) a budapesti Képzőművészeti Iskolában eltöltött három év után 1925-ben a bécsi Képzőművészeti Akadémián végzett, ahol mérnök-építész szakon szerzett diplomát, doktorált, majd 1925 után Brazíliába költözött, ahol 1939-ben saját tervezőirodát nyitott. Legjelentősebb munkájának a Rio de Janeiro-i Dom Pedro II. pályaudvar (Central do Brasil főpályaudvar) 1937-1943 között épült 32 szintes épületét tartják, amelynek terveit Geza Heller-rel (Heller Géza, Kecskemét, 1902 – Passa Quanto, Brazília, Minas Gerais állam, 1992), a budapesti Műegyetemen 1921-ben végzett, majd 1925-ben Brazíliába kivándorolt építésszel közösen készítette. (Rada, 2017), (Thomaz, 2023)

Szilárd Adalbert 1925-ben „A Torkrét-eljárás és technikai problémái” című disszertációjában azt írta, hogy a torkrét-eljárás valamennyi fő elvének hatékony szabadalmi oltalma volt az oka annak, hogy a nedves szállítással igyekeztek előrelépni. Az itt-ott megjelent nedves permetezési módszerek soha nem fenyegették komolyan a száraz permetezést, de elősegítették a betonszivattyúk fejlesztését.

s azzal kapcsolatban más hazai szénbányáknál bevezetett torkret kísérletekről” című cikkében (pp. 1-11.) írta, hogy 1926-ban a nagymányoki kompresszor-géptér „betorkretezését ... dr. *Sabathiel Richárd* műegyetemi tanár és *Weisz Mihály* mérnök végezték, kik röviddel ezelőtt a budapesti gellérthegy barlang-templomot²⁴⁷ torkretezték ki, pompás eredménnyel.”

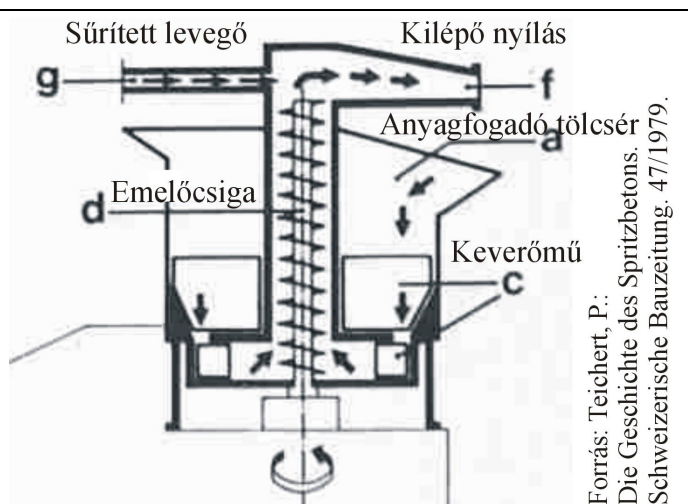
(https://adt.arcanum.com/hu/view/BanyaszatiEsKohasznatiLapok_1938/?query=Beszámoló+a+várpalotai+s+azzal+kapcsolatban+más+hazai+szénbányáknál+bevezetett+torkret+kísérletekről&pg=8&layout=s)

A lövellt anyag szemnagyságát tekintve az amerikai gunit és a német torkrét csak habarcs – bár a löttbeton kifejezés a német irodalomban (Spritzbeton) már 1920-ban, a franciában már 1936-ban „béton projeté”-ként és az USA-ban már 1937-ben pedig „shotcrete”-ként megjelent –, a mai értelemben vett lövellt beton szigorúan véve csak az 1940-es évek óta létezik, amikor is *Georg Senn* svájci mechanikus (†1975) vállalkozása (Firma Spribag) több év alatt 1950 elejére kifejlesztette az ún. „Schneckenmaschine” gép („emelőcsigas gép”) első, MS-12 jelű, majd az abból továbbfejlesztett, 1955-től gyártott BS-12 jelű változatát (1.5.T38. és 1.5.T39. ábra).²⁴⁸



Forrás: Teichert, P.:
Die Geschichte des Spritzbetons.
Schweizerische Bauzeitung.
47/1979.

1.5.T38. ábra: *Georg Senn* második szériás, 1955-től gyártott BS-12 jelű kétkamrás emelőcsigas betonlövő gépe (Teichert, 1979)



Forrás: Teichert, P.:
Die Geschichte des Spritzbetons.
Schweizerische Bauzeitung. 47/1979.

1.5.T39. ábra: Emelőcsigas szerkezet *Georg Senn* 1950-es évek elejétől gyártott kétkamrás betonlövő gépében (Teichert, 1979)

A széleskörben alkalmazott *Senn*-féle emelőcsigas betonlövő gép mellett egyre nagyobb szerephez jutott a waterloo-i (USA, Iowa-állam) Construction Machinery Sales Co. cég 1947-es fejlesztésű, száraz-technológiájú „Jetcreter” nevű rotoros betonlövő gépe, amelynek technikája és gyakorlati alkalmazása az építési vegyi anyagokat gyártó svájci

²⁴⁷ A Gellért-hegyi barlang-templomot sokan Sziklatemplomnak, Sziklakápolnának nevezik. A Sziklatemplom építésének különös története például *Nagy Kálmán* „A pálosok budapesti sziklatemploma” című, a Honismeret című folyóirat 1992. 20. évfolyam. 5. számának 39-46. oldalán és 6. számának 34-44. oldalán, két részben megjelent tanulmányában olvasható.

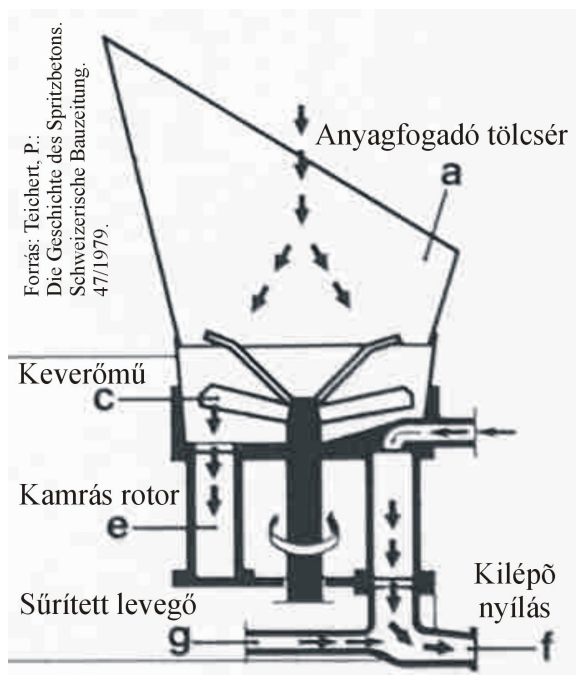
(https://adt.arcanum.com/hu/view/Honismeret_1992/?query=sziklatemplom+pálos-rend&pg=641&layout=s),
(https://adt.arcanum.com/hu/view/Honismeret_1992/?query=sziklatemplom+pálos-rend&pg=745&layout=s)

²⁴⁸ A *Senn*-féle MS-12 jelű „Schneckenmaschine” géppel (emelőcsigas géppel) legfeljebb 25 mm-es legnagyobb szemnagyságú, természetesen nedvesség-tartalmú adalékanyagot dolgoztak fel óránként körülbelül 3 m³ száraz keverékké. A gép nyitott töltőtartályából egy függőleges csőben forgó, elektromosan vagy légmotorral meghajtott arkhimédészi emelőcsigával emelték a száraz keveréket a felső kifúvókamrába, ahonnan azt sűrített levegő szállította a fúvókához, amelyhez külön vezetéken keresztül a vizet is adagolták. (Teichert, 1979)

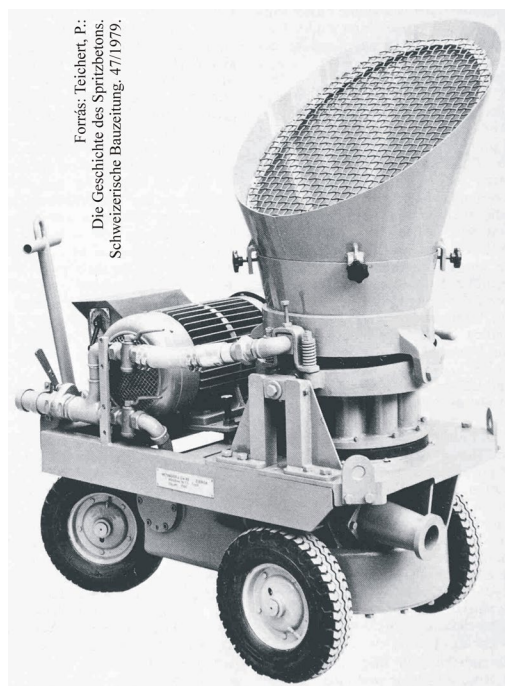
Meynadier & Cie. AG. tulajdonában, *Walter Widmann* zürich-altstetteni műhelyfőnök fejlesztése nyomán, 1957-ben teljessé lett ki (1.5.T40. és 1.5.T41. ábra).²⁴⁹

²⁴⁹ A rotoros gép feltalálását egy bizonyos *Cochran*-nak tulajdonítják, valószínűleg tévesen. A Jetcreter gép alapjául szolgáló rotor-elvet először ugyanis a holland *Martinus Joannes Stam* alkalmazta, aki 1929. október 24-én megkapta a 485983 számú német szabadalmat egy „sűrített levegős szállítóberendezésre betonhoz, habarcsához és más viszkózus anyagokhoz”. *Cochran*-nak csak magára a rotorra (a forgó mozgást végző géprészre) volt szabadalma, amelyet 1946-ban eladott az amerikai Construction Machinery Sales Co. igazgatójának, *George Lovell*-nek, aki az általa kialakított elektromos hajtású, rotoros szórógépet 1954-ben a svájci Meynadier & Cie. AG. társaságnak továbbadta. E nagyméretű és nehéz amerikai szórógépből a Meynadier műhelyfőnöke, *Walter Widmann* 1957-ben, mindössze három hónap alatt – az elektromos hajtás és a rotor-rendszer megtartásával – alagutakban használható, kis és könnyű szórógépet szerkesztett. A gépet több hónapon keresztül tesztelték, az bevált, így a Meynadier 1958-ban piacra dobta a „Meyco GM 57” szórógép első szériáját. E márkanévben a Meyco a Meynadier, a GM a Gunitmaschine rövidítése, az 57 pedig a gyártás évére utaló szám. A *Widmann*-féle „Meyco GM 57” szórógéppel üzemóránként több mint 5 m³ száraz keveréket lehetett kiszórni, és homok, habarcs, valamint beton szórására, sőt zsaluzat mögé való szórásra is alkalmas volt. (*Teichert*, 1979)

A Jetcreter-típusú rotoros gép az emelőcsigás rendszertől eltérő elv szerint működik: a száraz keverék egy nyitott töltőtölcséren keresztül, függőleges forgástengelyű forgórészen (rotoron) keresztül jut a szállítóvezetékbe. A rotor forgása során a forgórész hengeres kamrái egymás után egy bemeneti nyílás alatt haladnak át, ahol a töltőtölcsérből a keverőcsillag által mozgatott száraz keverék belehullik. A forgó rotorkamrákból a szemközti kimeneti nyílásnál felülről bevezetett sűrített levegő vezeti lefelé a száraz keveréket a szállítóvezetékbe. (*Teichert*, 1979)



1.5.T40. ábra: *Jetcreter* rendszerű betonlövellő gép rotorja (Teichert, 1979)



1.5.T41. ábra: *Widmann-féle „Meyco GM 57”* rotoros betonlövellő gép (Teichert, 1979)

A klasszikus száraz-technológiájú torkrétozás kizárólagosságának korát voltaképpen a vizes-technológiájú betonszórást is tárgyaló DIN 18551:1974 „Spritzbeton. Herstellung und Prüfung” német előszabvány 1974. decemberi megjelenése zárta le, amelynek hatására a torkrétbeton megnevezést – ha nem is következetesen, de általában – a lövellt beton (lőttbeton) megnevezés váltotta fel.

Lásd még: Lövellt beton

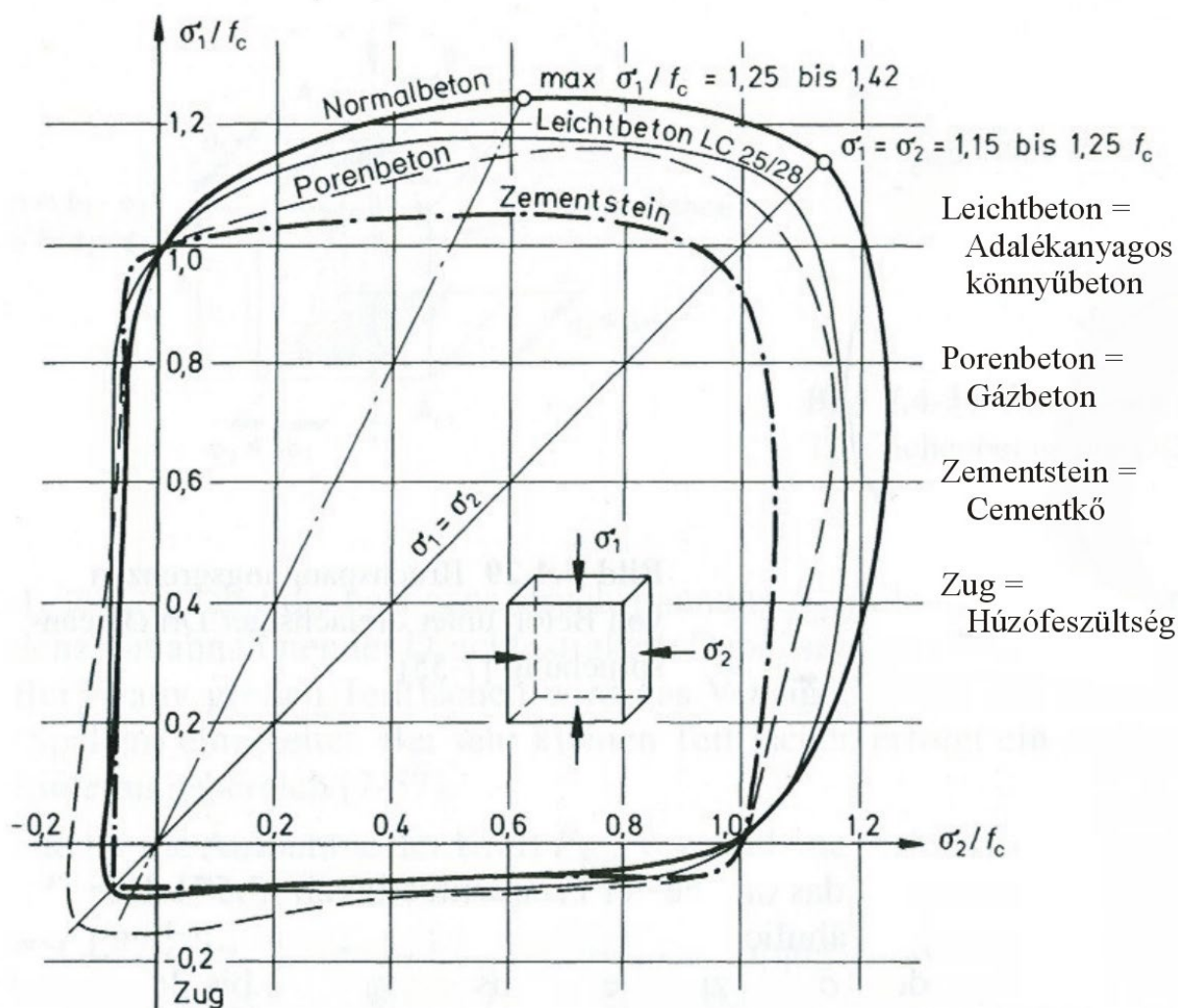
Többtengelyű feszültségi állapot

Lásd: Többtengelyű igénybevétel

Többtengelyű igénybevétel

Az építményekben a betonnak gyakran többtengelyű igénybevételekkel szemben kell ellenállnia. Példa erre a kétirányban hajlított lemez, az egymást keresztező gerendák, spirálkengyelezésű vagy köpenyezett pillérek és oszlopok, a feszített elemek stb. betonja, amely a keresztirányú nyomás hatására csökkenő keresztirányú húzások mellett nagyobb nyomóerőket képes felvenni (Grübl et al., 2001).

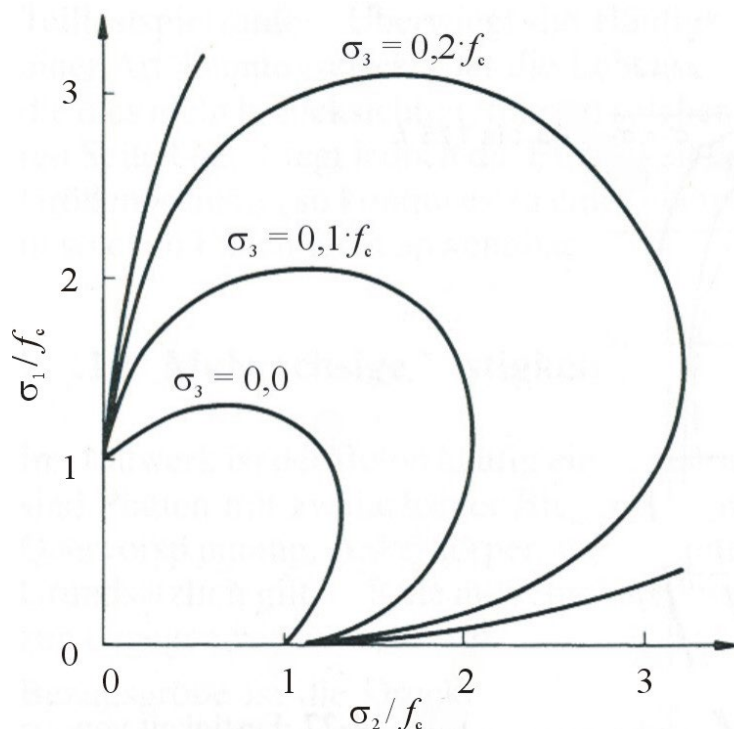
A kéttengelyű nyomóigénybevétel mindig nagyobb nyomószilárdságot eredményez, mint az egytengelyű igénybevétel. Az 1.5.T42. ábra szerint kéttengelyű igénybevételnél a nyomószilárdság $\sigma_2/\sigma_1 \approx 0,5$ főfeszültségarány esetén 1,25-1,42-szorosa, $\sigma_2/\sigma_1 \approx 1,0$ főfeszültségarány esetén 1,15-1,25-szorosa az egytengelyű igénybevétel nyomószilárdságának.



1.5.T42. ábra: A betonok és a cementkő kéttengelyű feszültségi állapotának törési határgörbéi (Grübl et al., 2001)

A háromtengelyű nyomóigénybevétellel mért nyomószilárdság sokkal nagyobb, mint amekkora egy- vagy kéttengelyű nyomóigénybevétel esetén adódik. Már a hasábszilárdság (f_c) mintegy 10%-ának megfelelő, a legkevésbé igénybe vett σ_3 tengely irányú főfeszültség ($\sigma_3 = 0,1 \times f_c$) elegendő ahhoz, hogy a leginkább igénybe vett σ_1 tengely irányú főfeszültség az eredeti hasábszilárdság kétszeresére ($\sigma_1 = 2 \times f_c$) növekedjék (1.5.T43. ábra). A $\sigma_3/\sigma_1 = 0,3$ főfeszültségaránynál a felvehető legnagyobb σ_1 főfeszültség átlépi az f_c hasábszilárdság hatszorosát. A σ_2 középső főfeszültség hatása hasonló, mint a kéttengelyű igénybevétel esetén: a törőfeszültség emelkedő σ_2 főfeszültség mellett $\sigma_2/\sigma_1 = 0,50 - 0,67$ főfeszültségarányig növekszik, majd $\sigma_2/\sigma_1 = 1,0$ főfeszültségarányig csökken.

Az egy- vagy többtengelyű igénybevételt nem szabad az egy-, illetve többtengelyű feszültségi állapottal összetéveszteni. Többtengelyű feszültségi állapot egytengelyű igénybevétel esetén is létrejöhet.



1.5.T43.. ábra: A betonok háromtengelyű feszültségi állapotának törési határgörbéi háromtengelyű igénybevétel esetén (Grübl et al., 2001)

Tölcéséres kifolyás

Lásd: Szemalak, Szemérdesség

Tömeg

A tömeg SI-mértékegysége a kg. A kilogramm új fogalom-meghatározása 2019. május 20 óta érvényes; az új meghatározásban a kilogrammot a *Planck*-állandóval ($h = 6.626.070.150 \times 10^{-34}$ kgm²/s), a fény vákuumbeli sebességével ($c = 299.792.458$ m/s) és a cézium-133 izotóp másodpercenkénti rezgésszámával ($\Delta\nu_{Cs} = 9.192.631.770$ Hz) fejezték ki (BIPM/2019).

Lásd még: Atomtömeg, Anyagmennyiség

Tömegállandóság

Az MSZ 4798:2016 szabvány és hivatkozásai alapján a könnyűbeton, a szokványos (közönséges, normál) beton, a nehézbeton és az adalékanyag általában tömegállandóságig kiszáritott állapotba került, ha az 1.5.T9. táblázat szerinti hőmérsékleten, az egymást adott időközökben követő tömegmérések eredményének különbsége legfeljebb az utóbbi mérés eredményének adott százaléka. A beton 60 ± 5 °C hőmérsékleten történő szárításának az az egyik magyarázata, hogy a cementkő egyes összetevői (például az ettringit) 60 °C hőmérséklet felett átalakulhatnak; a másik magyarázat, hogy a cementkőben lévő gélvizet nem szabad elpárologtatni.

1.5.T9. táblázat: A megszilárdult beton és az adalékanyag tömegállandósága

Az anyagfajta megnevezése	Szárítás hőmérséklete °C	Tömegmérések időköze Óra	Megengedett legnagyobb tömegeltérés,%
Könnyűbeton	60±5	24	0,2
Szokványos beton, nehézbeton	60±5	24	0,1
Adalékanyag, kőliszt	110±5	1	0,1
Adalékanyagként újrahasznosított építési hulladék, például beton, tégl	60±5	24	0,1

MSZ EN 12390-7:2019 szabvány szerint a megszilárdult beton tömegállandóságig *vízzel telített állapotba* került, ha a 20±2 °C hőmérsékletű víz alá helyezett, és ott tartott próbatest tömege a 24 óránkénti mérések során kevesebbet változik, mint az utóbbi mérés 0,2%-a.

A vízzel telített állapotot célszerű fokozatos vízfeltöltés (fokozatos víztelítés) utáni víz alatti tárolással elérni, még ha a szabvány ezt nem is írja elő, mert így nagyobb lesz a vízfelvétel, és az így kapott látszólagos porozitás jobban megközelítheti a tényleges porozitás értékét.

Az MSZ EN 1936:2007 szabvány szerint a 70±5 °C hőmérsékleten szárított henger, kocka vagy hasáb alakú természetes kőanyagpróbatest akkor éri el a tömegállandóságot, amikor 24±2 óra időközben végzett két tömegmérés eredménye között a különbség nem nagyobb, mint a próbatest tömegének 0,1 %-a.

Lásd még: Látszólagos porozitás, Vízfelvétel

Tömegbeton

Angolul: Mass concrete, Bulk concrete

Németül: Massenbeton

Tömegbetonoknak az olyan különleges rendeltetésű betonokat nevezzük, amelyeknek az erőjátékát a cement kötése és szilárdulása kezdeti szakaszában keletkező hidratáció hő – annak nagy méretei miatt – döntően befolyásolja. Ugyanis mind a kísérletek, mind a gyakorlati tapasztalat azt bizonyították, hogy a cement hidratációhője miatt a szilárduló tömegbetonban nagy hőmérséklet és nagy hőmérséklet-különbségek alakulhatnak ki, amelyek káros belső igénybevételekhez és alakváltozásokhoz, a szerkezet tönkremeneteléhez vezethetnek. A tömegbetonon belüli hőmérsékletek és hőmérséklet-különbségek a cement hidratációhőjétől és annak időbeni alakulásától, a külső hőmérsékleti viszonyoktól, továbbá a beton méreteitől, hővezetési tényezőjétől, fajhőjétől, testsűrűségétől, illetve az ezekből számítható és értelmezhető hőmérséklet-vezetési tényezőtől (diffuzivitástól²⁵⁰), a beton kezdeti (beépítési) hőmérsékletétől, valamint az alkalmazott zsaluzat méretétől, fajtájától függenek. (Balázs et al., 1968), (Balázs, 2007)

A „Massige Bauteile aus Beton” című, B 11:2019 jelű, vdz kiadású (<https://www.vdz-online.de>) Zement-Merkblatt műszaki útmutató (szerzők: Weisner, A. és Richter, Th.) szerint a tömegbetonok kisebbik mérete több, mint 0,8 m. A friss tömegbetonokat – szemben a szokványos betonokkal – a jelentős hidratációs hőfejlés jellemzi, továbbá, hogy a környezettel való hőcseréjük csekély, vagy nagyon vastag szerkezeti elemek esetén gyakorlatilag elhanyagolható mértékű.

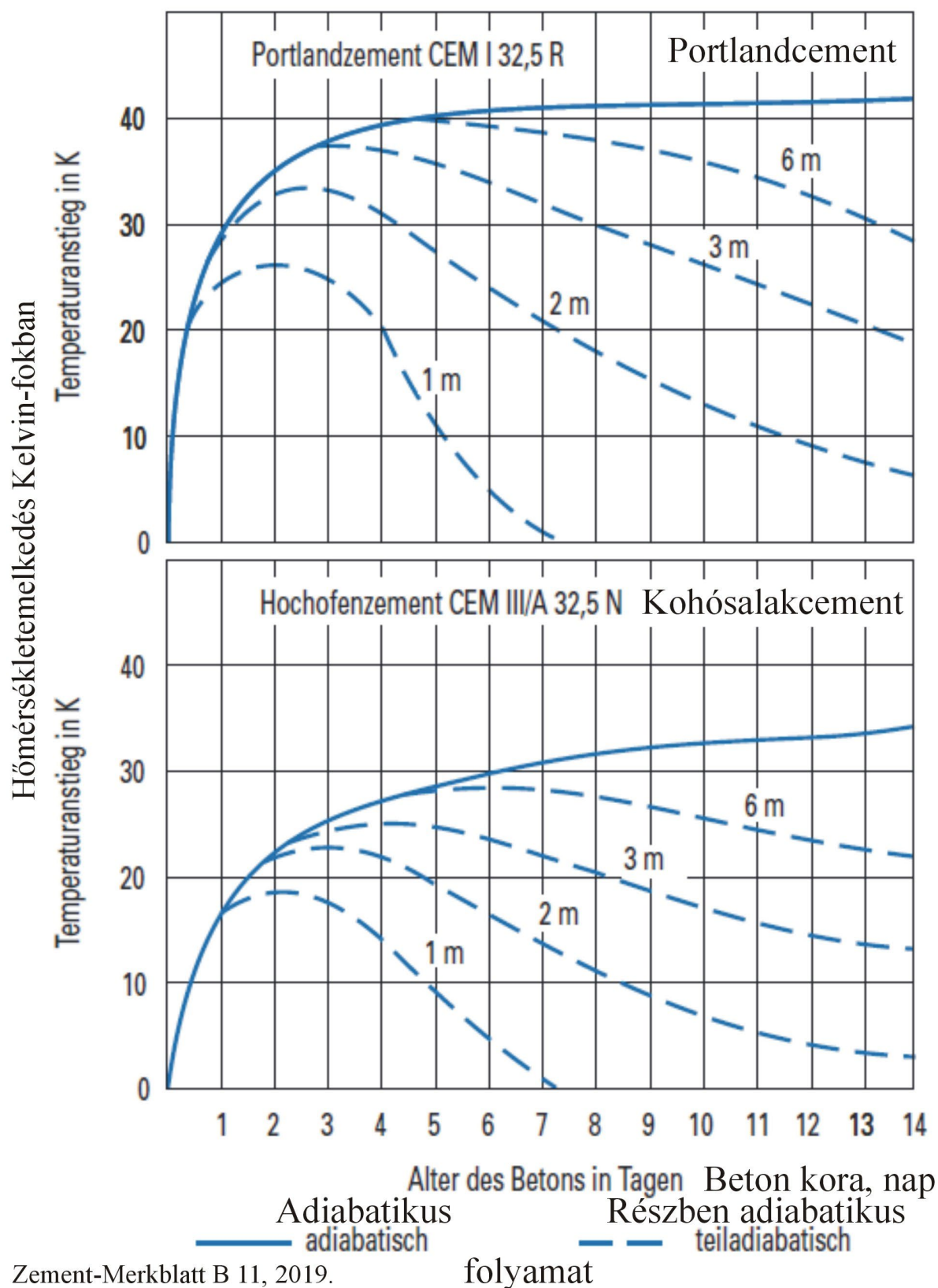
²⁵⁰ Nyomáshullám-terjedés, átlagos hővezetési tényező/fajlagos hőkapacitás, m²·s⁻¹

A tömegbeton betonozása kis szakaszokban, vastagsági értelemben rétegekben, legfeljebb 1,2-1,5 m vastag fogásokban, és ezek után 2-6 napos szünetekkel történjék. Az újabb réteg betonozása előtt a betonfelületet erős vízsugárral lemosni, sőt ezt megelőzően általában homokfúvással érdesíteni ajánlott. Amikor a meglévő felület már teljesen cementiszapmentes, nedves, de nem vizes, akkor arra tapadóhídként, a durva beton cementjével, vizével, és legfeljebb $D_{\max}/2$ legnagyobb szemmagyságú adalékanyagával készített vékony betonréteget szoktak elteríteni. Ez a vékony réteg m^3 -enként közel kétszer annyi cementet tartalmaz, mint maga a tömegbeton. (Balázs et al., 1968)

A tömegbeton készítése során nagy szerepet játszik a keletkező hidratációs hő, amelynek hatására a beton belseje erősen felmelegszik és a beton felületéhez képest nagy hőmérséklet különbség alakulhat ki. Ennek következtében a beton belsejének hőtágulása nagyobb, mint a felületi réteg hőtágulása, és a beton belsejében nyomófeszültség, a beton felületi rétegében húzófeszültség ébred. Ha a belső és a külső hőmérséklet különbsége nagyobb, mint mintegy 15°C , akkor várható, hogy a húzófeszültség túllépi a húzószilárdságot, és a beton felületén repedések keletkeznek. Ezek a kéregrepedések (felületi repedések) általában néhány centiméter mélyek, és többnyire néhány hét múlva többé-kevésbé záródnak. A kéregrepedések fellépése ellen esetleg kishőfejlesztésű (például LH CEM III fajtájú kohósalakcement) vagy hatékonyabban nagyon kis hőfejlesztésű (például VLH III fajtájú kohósalakcement) cement, kis cementpép igényű szemmegoszlás, nagy legnagyobb adalékanyag szemmagyság, kis vízcement tényező, folyósító adalékszer, kis friss beton hőmérséklet alkalmazásával, adott esetben a keverővíz és az adalékanyag hűtésével (például jégdara bekeverésével) vagy belső csővezetékes hűtéssel, minden esetben a kihűlés és kiszáradás lassításával, így hosszan tartó utókezeléssel, hőszigetelő zsaluzattal (fazsaluzattal) és a felületen hőszigetelő paplan takarással lehet védekezni. A tömegbeton repedésérzékenysége tágulási hézagok vagy vakhézagok alkalmazásával is csökkenthető.

A cement kiválasztása döntő jelentőségű a hidratációs hőfejlesztés mértékének szempontjából (1.5.T44. ábra). Minél több a portlandcement-klinker a cementben, annál több hő fejlődik a szilárduló fiatal betonban, tehát nemcsak a cement összetétele, hanem a cement mennyisége is fontos. Mivel a nagyon vastag szerkezeti elemek magjában lényegében adiabatikus viszonyok uralkodnak, a cement klinker-tartalmának és a cement mennyiségének korlátozása elengedhetetlen a repedések elkerülése érdekében.

A betonok legkisebb cement-tartalmát a betonszabványok a környezeti osztályok függvényében írják elő. Tömegbetonok esetén még az XC1 környezeti osztályban megkövetelt 260 kg/m^3 mennyiségű CEM I portlandcementtel is túl lehet lépni a repedésképződés szempontjából kritikus hidratációs hőmérsékleti határokat. Tömegbeton készítéséhez – olykor a környezeti osztályokban megkövetelnél is kisebb adagolás mellett, ahogy a DAfStb-Richtlinie:2010 „Massige Bauteile aus Beton” című német műszaki irányelvben is véleményezik – előnyösen LH fajtájú kishőfejlesztésű, vagy VLH fajtájú nagyon kis hőfejlesztésű cementeket célszerű használni, mint erről alább még szó esik.

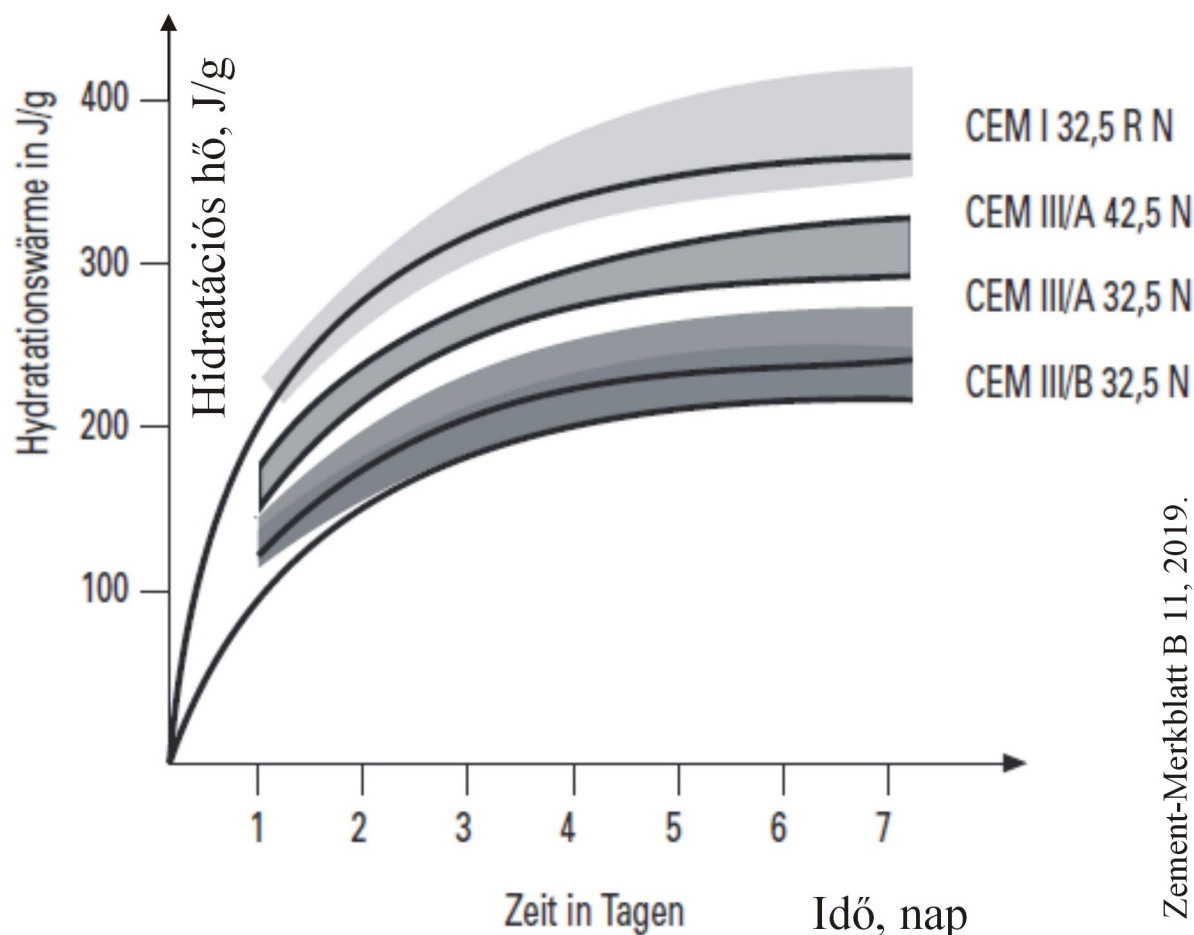


1.5.T44. ábra: Hőmérséklet-növekedés a hidratáció folytán a különböző cementekkel készített, különböző vastagságú betonfalak magjában (vdz Zement-Taschenbuch, 2008), (Zement-Merkblatt B 11, szerzők: Weisner et al., 2019)

Bár az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint a CEM III/B fajtájú kohósalakcement általános felhasználású kishőfejlesztésű cement (LH, low heat common cement), tömegbeton készítéséhez mégsem ajánlott használni, mert a hidratációs hőfejlesztése az MSZ EN 196-

8:2010 szabvány szerinti oldódásos módszerrel vizsgálva 7 napos korig akár a 270 J/g értéket is elérheti.

Tömegbetont az MSZ EN 14216:2015 szabvány szerinti *nagyon kis hőfejlesztésű* különleges cementekből (VLH, very low heat special cement), mint a VLH III/B és VLH III/C fajtájú kohósalakcementből, a VLH IV/A és VLH IV/B fajtájú puccoláncementből vagy a VLH V/A és VLH V/B fajtájú kompozitcementből kell készíteni, mert ezek megengedett hidratációs hőfejlesztése az MSZ EN 196-8:2010 szabvány szerinti oldódásos módszerrel vizsgálva 7 napos korig, vagy az ezzel egyenértékű MSZ EN 196-9:2010 szabvány szerinti féladiabatikus módszerrel vizsgálva 41 óráig legfeljebb 220 J/g (1.5.T45. ábra)



Zement-Merkblatt B 11, 2019.

1.5.T45. ábra: Különböző cementek hidratációs hőfejlesztése adiabatikus feltételek között (vdz Zement-Taschenbuch, 2008), (Zement-Merkblatt B 11, szerzők: Weisner et al., 2019)

A hidratációhő *oldódásos módszerrel* való mérése oldáshőmérésen alapul, amely esetben a hőfejlődés közvetlenül nem mérhető. Lényege, hogy meghatározzuk a cement oldáshőjét, majd tetszőleges időpontban a cementkő oldáshőjét. A kettő különbsége a hidratációhő a vizsgált időpontban. A *kaloriméteres módszerekkel* a hőfejlődés közvetlenül követhető, mégpedig pépek, illetve habarcsok esetében a minta és víz érintkezésének pillanatától kezdve. E módszerek hátránya, hogy a mérési idő mintegy 10 nap. A cement hidratációhőjének vizsgálatára használt kaloriméterek működési elvük és felépítésük szerint adiabatikus²⁵¹, izotermikus vagy hőáramlásos kaloriméterek. *Adiabatikus* az olyan kaloriméter, amelynél a reakciótér és a környezet között hőcsere nem megy végbe, amit úgy közelítenek meg, hogy a

²⁵¹ Az adiabata görög eredetű szó, jelentése: járhatatlan, átjárhatatlan. Adiabatikus az olyan folyamat, amelynek során a változó anyagi rendszer környezetéből nem vesz fel hőt, sem annak hőt át nem ad. (Bakos szerk., 1973)

környezetet mindig a reakciótér hőmérsékletével azonos hőmérsékleten igyekeznek tartani, és így a cementhidratáció során a reakciótér hőmérséklete is állandóan emelkedik, és aszimptotikusan közeledik egy konstans értékhez (Balázs, 2001, 2007).

A VLH jelű nagyon kis hőfejlesztésű cementek a csekély hidratációs hő folytán nagyon lassan szilárdulnak, és gyakran el sem érik a CEM 32.5 szilárdsági osztályt, ezért szilárdsági osztályuk csak CEM 22.5. A kis portlandcement-klinker-tartalom és ennek megfelelően nagy mennyiségű puccolános és/vagy látens hidraulikus anyag, valamint a durva őrlés rendkívül lassú szilárduláshoz vezet, különösen az első napokban. Ezáltal a nagyon kis hőfejlesztésű VLH jelű cementekkel készített beton igen érzékeny az utókezelés hibáira, kezdetben a fagyra és a gyors hőmérsékletváltozásokra is. A VLH jelű cementekkel készített betont csak nagyon későn lehet kizsaluzni, és csak akkor használható, ha a korrózió veszélye csekély vagy egyáltalán nem áll fenn. (Springenschmid, 2007 és 2018)

Balázs György professzor a repedésmentesre tervezett vastagfalú szerkezetek betonja, így

- a paksi atomerőmű 150 cm vastag betonfalai és átmeneti hulladéktárolójának 150 cm vastag betonfalai,
- a dunakiliti duzzasztómű 150 cm vastag pillérei és 4 m vastag alaplemeze,
- a debreceni ciklotron 2,3 m vastag vasbeton falai,
- az M7 autópálya egyoldali hőleadás miatt 48 cm vastagnak tekinthető, valójában 24 cm vastag betonburkolata

készítésének kutatási, tervezési és kivitelezési tapasztalatait a „Barangolásaim a betonkutatás területén” című könyvében adta közre. A nagy tömegű betonban a betonozást követő napokban fennállhat a kéreg- és az átmenő repedés veszélye, ha a terhelés okozta és a sajátfeszültségek együttesen túllépik a beton nyúlóképességét. Sajátfeszültségek amiatt keletkeznek, hogy a betonban egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás és egyenlőtlen zsugorodás alakulhat ki, és emiatt az ezekből adódó alakváltozások nem játszódhatnak le szabadon. A gátolt alakváltozásból feszültségek keletkeznek. (Balázs, 2001)

TÖMEGBETONBAN ÉBREDŐ KÉNYSZERERŐK (Zement-Merkblatt B 11, szerzők: Weisner et al., 2019)

A tömegbeton gátolt alakváltozása folytán ébredő kényszererők fellépésének külső és belső okai vannak.

Belső okból fellépő kényszererők (Zement-Merkblatt B 11, 2019)

Nagyobb keresztmetszeti méreteknél a szerkezeti elem felületén zajló hőleadás a szerkezeti elem felülete és magja (belső tartománya) közötti hőmérséklet-gradiens²⁵² kialakulásához vezet. A cement-hidratálás kezdeti fázisában a melegebb mag kitágul, de ennek a tágulásnak a szerkezeti elem viszonylag hidegebb pereme ellenáll, azaz belső okból kényszererők lépnek fel. Ez kezdetben nyomófeszültségeket hoz létre a magban és húzófeszültségeket a peremen. A szerkezeti elem keresztmetszetében ezek a feszültségek egyensúlyban vannak, és nem ébresztenek kifelé irányuló erőket (saját feszültség).

Amikor a szerkezeti elem magja lehűl, akkor a feszültségek előjelet váltanak, azaz a magban húzófeszültségek ébrednek. Ha a húzófeszültségek elérik a beton szakítószilárdságát, vagy a peremterületen a nyúlás eléri a szakadási nyúlás értékét, akkor néhány centiméter mély kéregrepedések, vagy megjelenési helyük után úgy nevezett zsalu-oldali, illetve zsaluzati repedések (angolul: shell cracks, németül: Schalenrisse) keletkeznek.

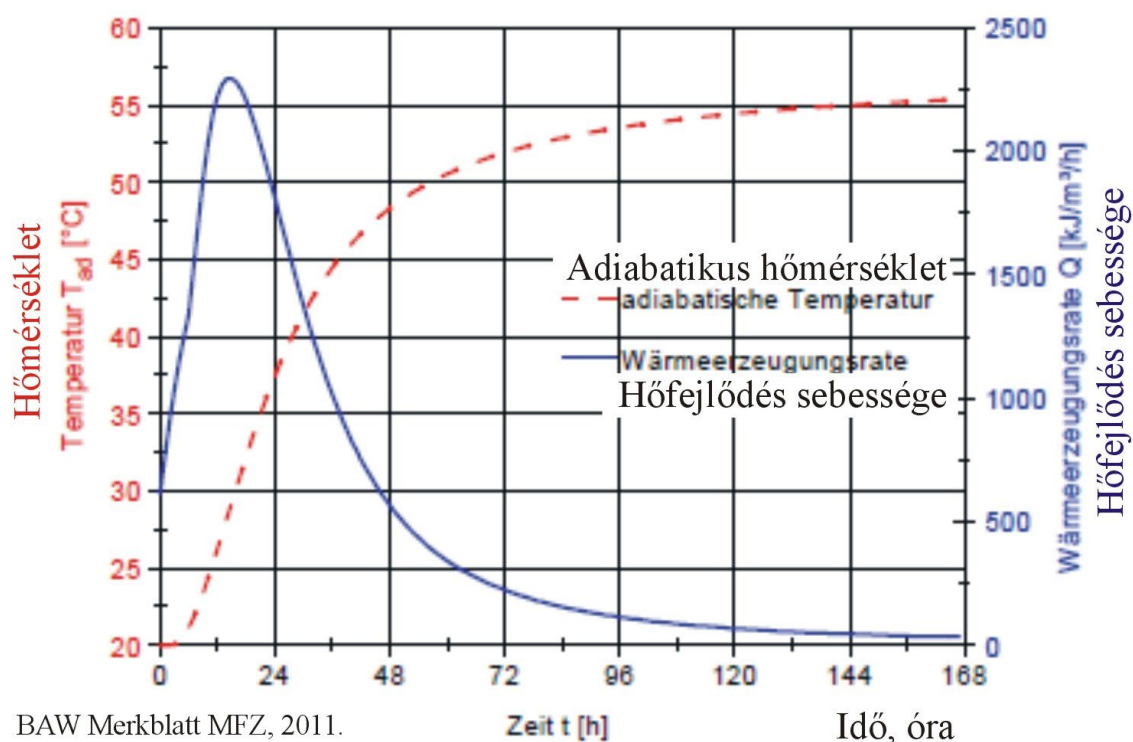
A kéregrepedések megjelenésével a belső, saját feszültségek csökkennek, és a perem mentesül a belső kényszererők (angolul: inner compulsion, németül: innerer Zwang, innere

²⁵² A gradiens latin eredetű szó. Jelentése: valamely skaláris (irány nélküli) mennyiség értékváltozásának helytől függő mértéke. Azt fejezi ki, hogy mennyit változik a mennyiség két adott pont között. (Bakos szerk., 1973)

Zwangkraft), a saját feszültségek (angolul: residual stress, németül: Eigenspannung) alól. A kéregrepedések azért csökkentik a belső kényszererőket, mert fellépésükkel a szerkezeti elem húzott keresztmetszeti területe csökken. A kényszererők hatására azonban a kéregrepedések a későbbi úgy nevezett átmenő repedések (angolul: separation crack, németül: Trennriss, Spaltriss) kiindulópontjai lehetnek.

Kéregrepedések akkor is felléphetnek – immár nagyobb a repedési hajlammal –, amikor a hőszigetelt vagy a napsugárzásnak kitett zsálatzat alatt a hőmérséklet-, illetve feszültségkülönbségek olyan későn jelentkeznek, hogy akkorra a beton már jórészt elvesztette a feszültség-leépülési (relaxációs) képességét (angolul: relaxation ability, németül: Relaxationsvermögen).

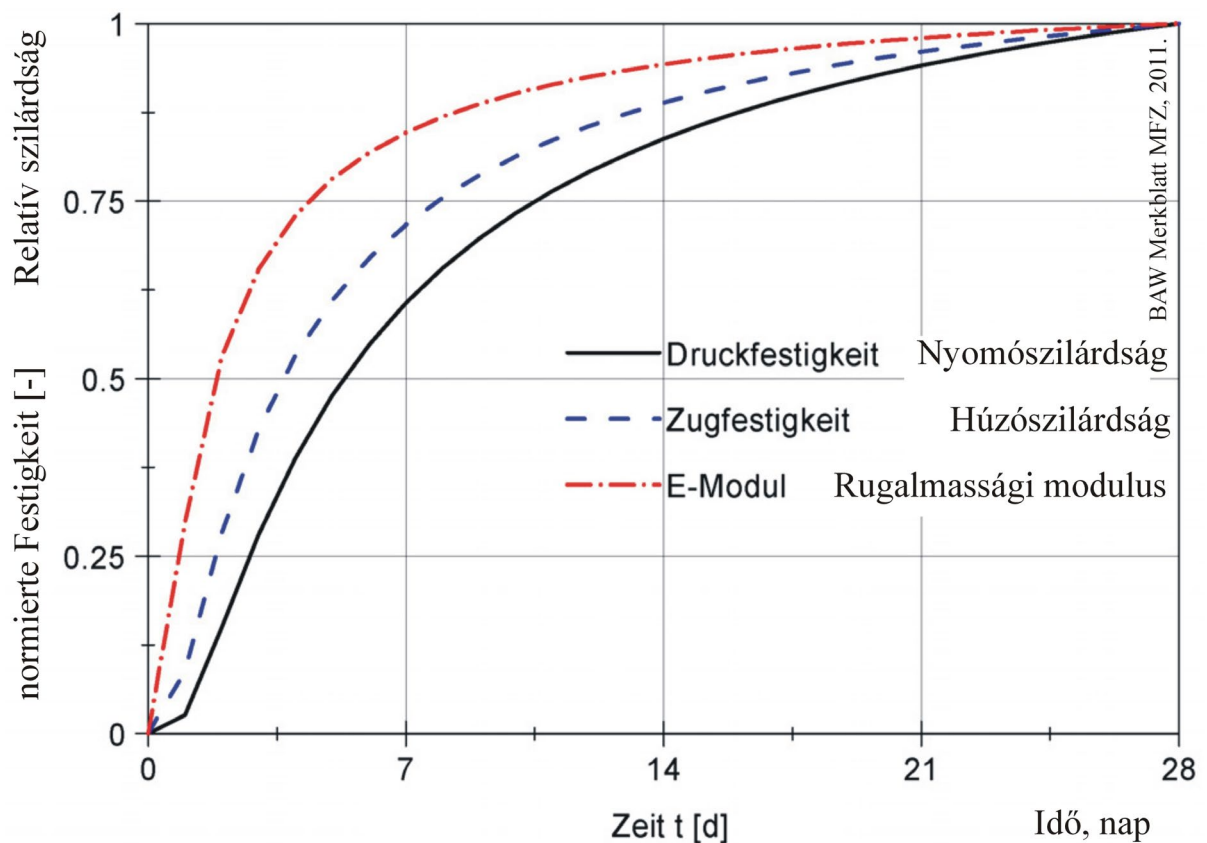
Mint ahogy a szilárduló beton energiaszintje csökken, energiátöbblet keletkezik, amely hőként szabadul fel. A beton hőmérséklet-emelkedése általában az adiabatikus hidratációs hőfejlődésnek, illetve annak időbeli deriváltjának, a hőfejlődés sebességének a függvénye (1.5.T46. ábra).



BAW Merkblatt MFZ, 2011.

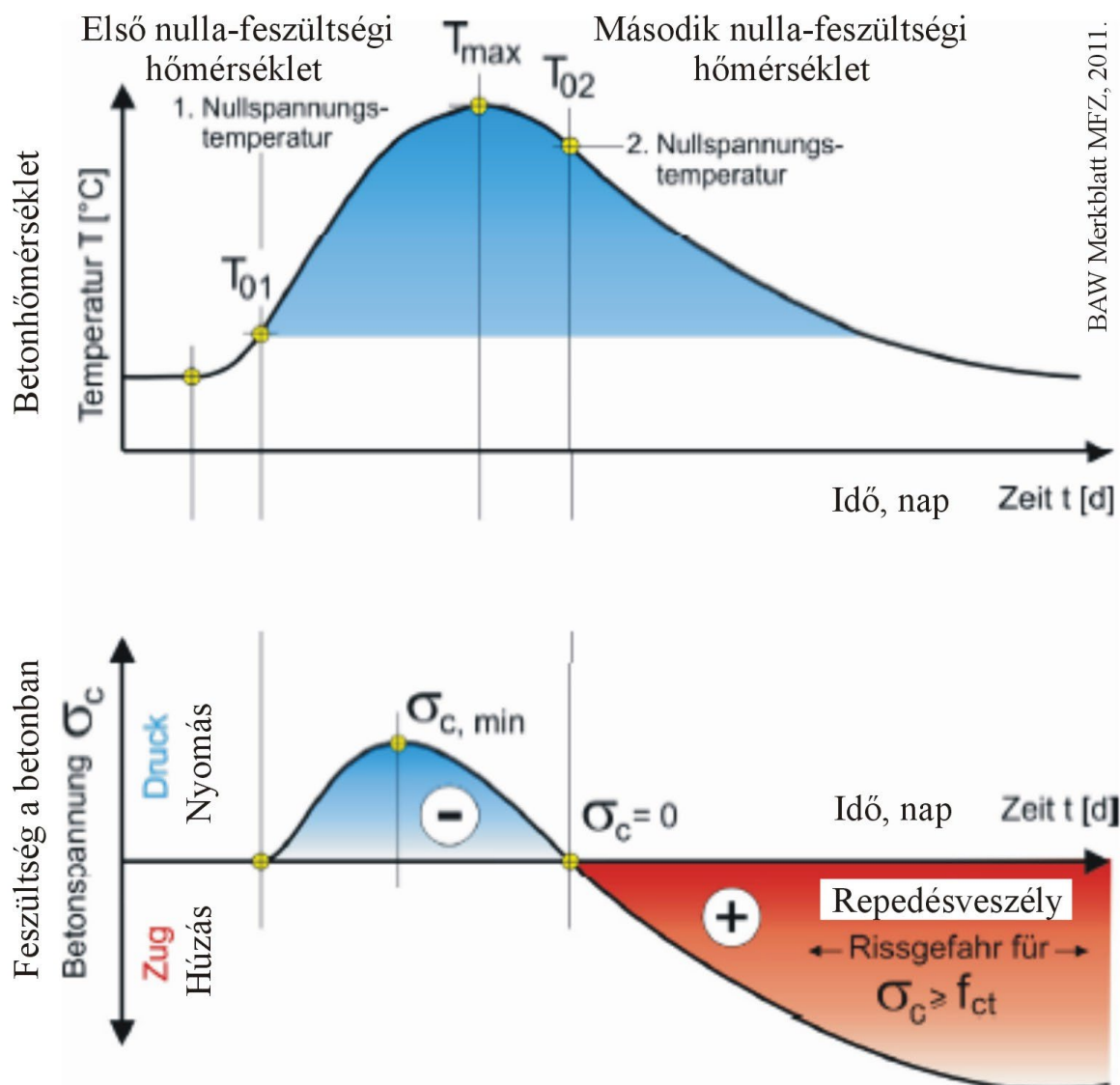
1.5.T46. ábra: A beton adiabatikus hőmérséklet-növekedése és hidratációs hőfejlődésének sebessége az első héten (BAW Merkblatt MFZ, 2011)

A cement hidratációja folyamán a beton mechanikai tulajdonságai (nyomó- és húzószilárdság, rugalmassági modulus) eltérő, egyre lassuló sebességgel közelítik a 28 napos kori értéküket, ahogy az 1.5.T47. ábra mutatja.



1.5.T47. ábra: A beton kezdeti nyomó- és húzószilárdságának és rugalmassági modulusának alakulása az idő függvényében (BAW Merkblatt MFZ, 2011)

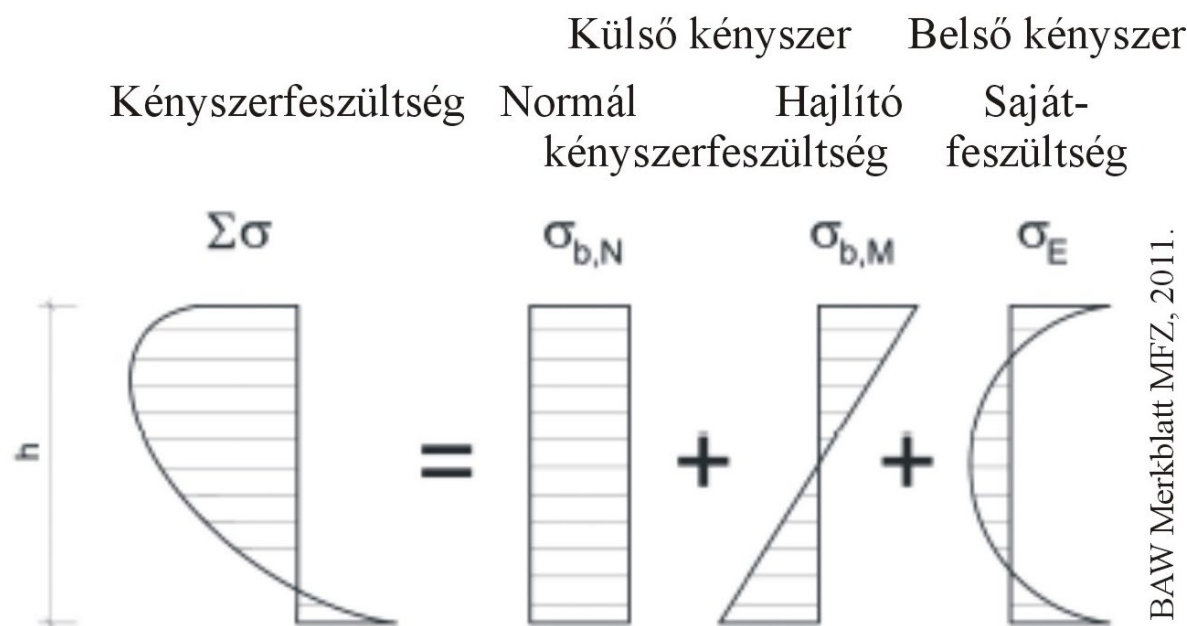
A betonnak a szilárdság-kialakulás kezdetéhez tartozó hőmérsékletét „első nulla-feszültségi hőmérsékletnek” (T_{01}) nevezzük. A hőfejlődés alatt, majd a lehűlés kezdetén a korlátozott tágulási lehetőség miatt a betonban nyomófeszültségek lépnek fel. Ezek nagysága általában kicsi a még mindig kis rugalmassági modulus és nagy relaxáció-képesség (ernyedési képesség) következtében, majd legnagyobb értéküket is elvesztik a közben egyre növekvő rugalmassági modulus hatására. Azt a betonhőmérsékletet, amelynél a nyomófeszültségek teljesen lecsökkennek „második nulla-feszültségi hőmérsékletnek” (T_{02}) nevezzük. Ezt követően a keresztmetszetben a gátolt összehúzódás miatt egyre nőnek a húzófeszültségek. A folyamat akkor fejeződik be, amikor a keresztmetszet hőmérséklete a környezeti hőmérséklettel kiegyenlítődik. Ha a fellépő húzófeszültségek elérik a húzószilárdságot, akkor a beton megreped. (1.5.T48. ábra).



1.5.T48. ábra: A tömegbeton hidratációs hőmérsékletének és hőmérséklet-változás okozta feszültségének alakulása az idő függvényében (BAW Merkblatt MFZ, 2011)

A keresztmetszet nemlineáris hőmérséklet-eloszlása a külső akadályokból eredő kényszerfeszültségek mellett nem-lineárisan eloszló belső, úgy nevezett sajátfeszültségeket hoz létre. A sajátfeszültségek kioltják egymást a keresztmetszetben, és nincs külső hatásuk.

Az alakváltozás gátlásának jellegétől függően a kényszerfeszültség $\sigma_{b,N}$ normál kényszerfeszültségből (centrikus, középpontos kényszer), $\sigma_{b,M}$ hajlító kényszerfeszültségből (hajlítási kényszer) és σ_E sajátfeszültségekből tevődik össze, lásd az 1.5.T49. ábrát. A nemlineáris feszültségeloszlásból adódó belső feszültségeket belső kényszerfeszültségnek (sajátfeszültségnek), az alakváltozás külső gátlása ébresztette feszültségeket külső kényszerfeszültségnek, nevezzük.



1.5.T49. ábra: A kényszerfeszültség összetétele (BAW Merkblatt MFZ, 2011)

A friss tömegbeton keresztmetszeti hőmérséklete egyenlőtlen. *Balázs György* professzor megfogalmazásában (2007), mivel a beton nem alakváltozhat szabadon, ezért benne feszültségek keletkeznek. Külső erő nincs, ezért a belső erőknek (húzó- és nyomóerő) kell egyensúlyban lenni. Úgy számíthatjuk a feszültséget (sajátfeszültséget, lásd az 1.5.T49.. ábrát), hogy az egyenlőtlen hőmérséklet ábráját területileg kiegyenlítjük. A fal szélén az ΔT hőmérsékletből húzófeszültség (az 1.5.T49.. ábra jelölésével: σ_E) keletkezik, amit az

$$\sigma_E = \alpha \times \Delta T \times E_{0t}$$

egyenletből számíthatunk. A képletben

σ_E = a központos húzófeszültség, N/mm²;

α = a beton hőtágulási együtthatója;

ΔT = a terület-kiegyenlítéssel nyert hőmérséklet, °C;

E_{0t} = a beton kezdeti rugalmassági modulusa húzásra, MPa.

Ha a σ_E húzófeszültség a vizsgált időpontban nagyobb a beton $\sigma_{t,max}$ húzószilárdságánál, akkor a beton a felületén megreped. Ezt nevezzük kéregrepedésnek, amely nem mély, de el kell kerülni, mert a beton (vasbeton) károsodását segíti elő.

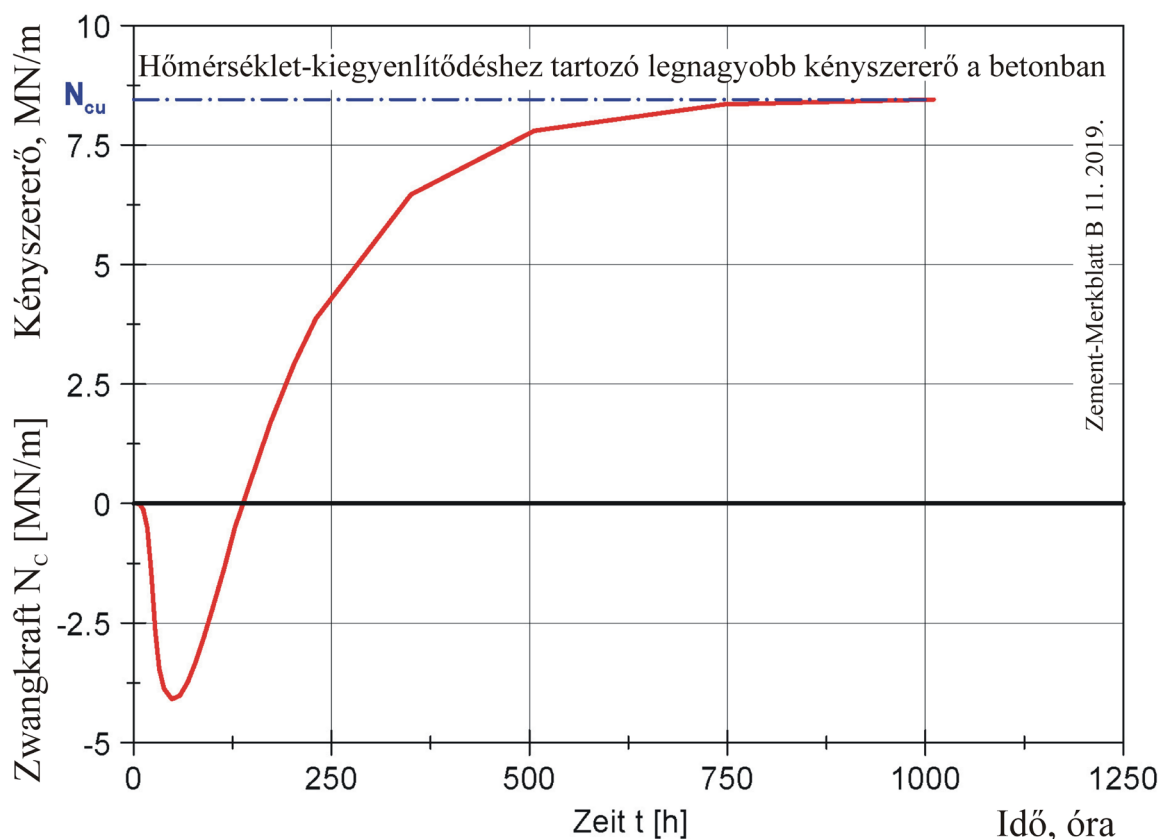
Külső okból fellépő kényszererők (Zement-Merkblatt B 11, 2019)

Tömegbeton készítésekor külső okból fellépő kényszererőknek a forrása az új betonnal érintkező régi beton terheléséből adódó alakváltozások és az új beton hidratációs hőtágulásából adódó alakváltozások gátolt volta.

Ha már megszilárdult betonra betonozunk, akkor a régi szerkezeti elem terheléséből adódó alakváltozások létrejöttét a régi és az új beton érintkezési felülete – az érintkező felület jellegétől és a megszilárdult beton merevségétől függő mértékben – akadályozza.

A friss tömegbetonnak a hidratációs hő által kiváltott hőtágulásból adódó alakváltozásának a régi szerkezeti elemmel való kapcsolat szabja gátját, függetlenül a terhelésből adódó alakváltozásoktól.

Ha az alakváltozások gátlása egyenletes, akkor normál kényszererők lépnek fel, (1.5.T50. ábra), ha a gátlás egyenetlen, akkor hajlító kényszerfeszültségek keletkeznek.

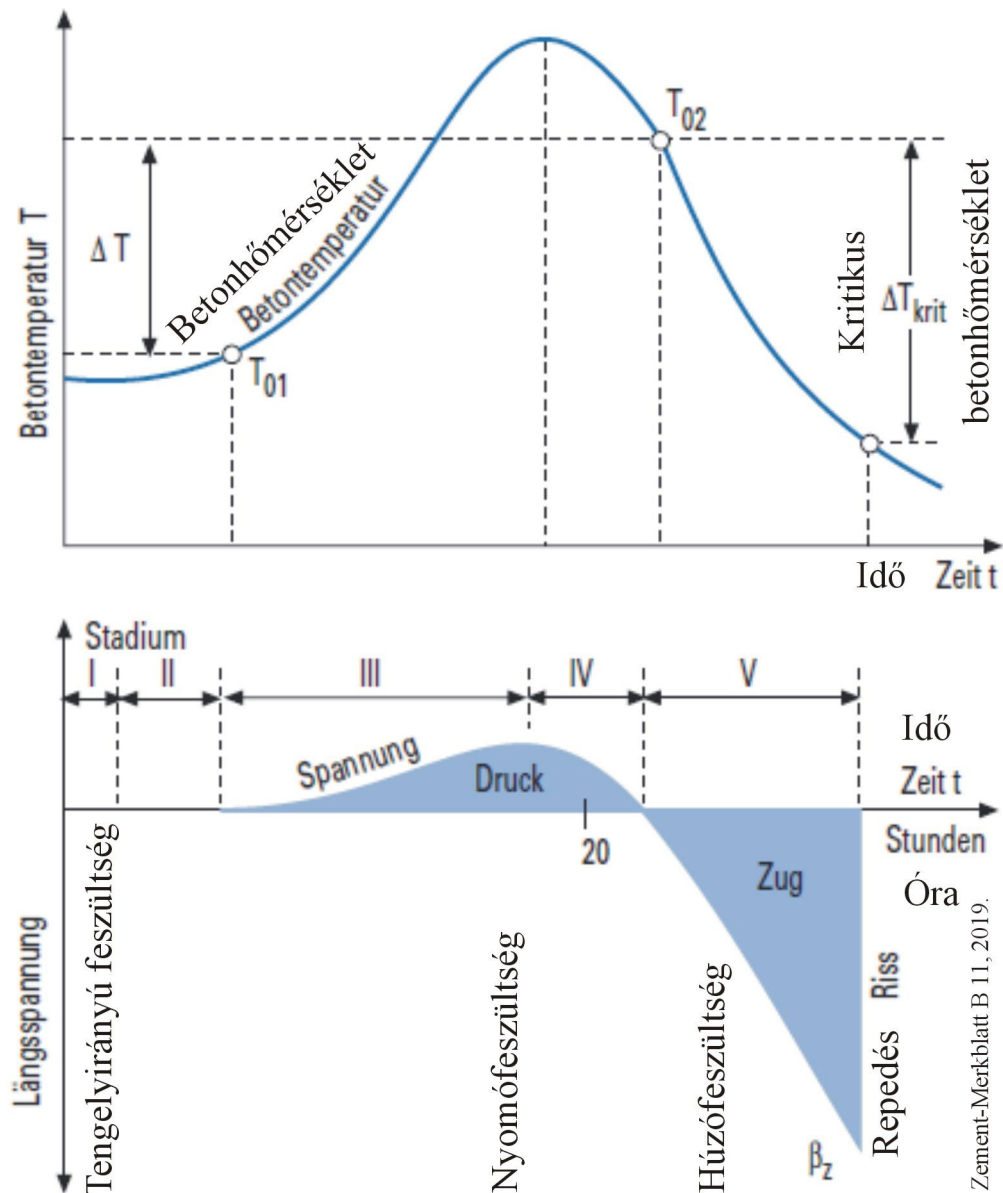


1.5.T50. ábra: Példa az egyenletesen, teljes mértékben gátolt alakváltozásból eredő normál kényszererő növekedésére a hőmérséklet-kiegyenlítődésig, az idő függvényében, a falmagasság hatásának figyelmen kívül hagyásával (Zement-Merkblatt B 11, szerzők: *Weisner et al.*, 2019)

Ha a külső okból akadályozott alakváltozások ébresztette kényszerfeszültségek elérik a beton szakítószilárdságát, akkor a tömegbeton teljes keresztmetszetén vagy annak húzott övéen úgy nevezett átmenő repedések jelennek meg, általában akkor, amikor az akadályozott tágulás a 0,10-0,14‰ értéket eléri.

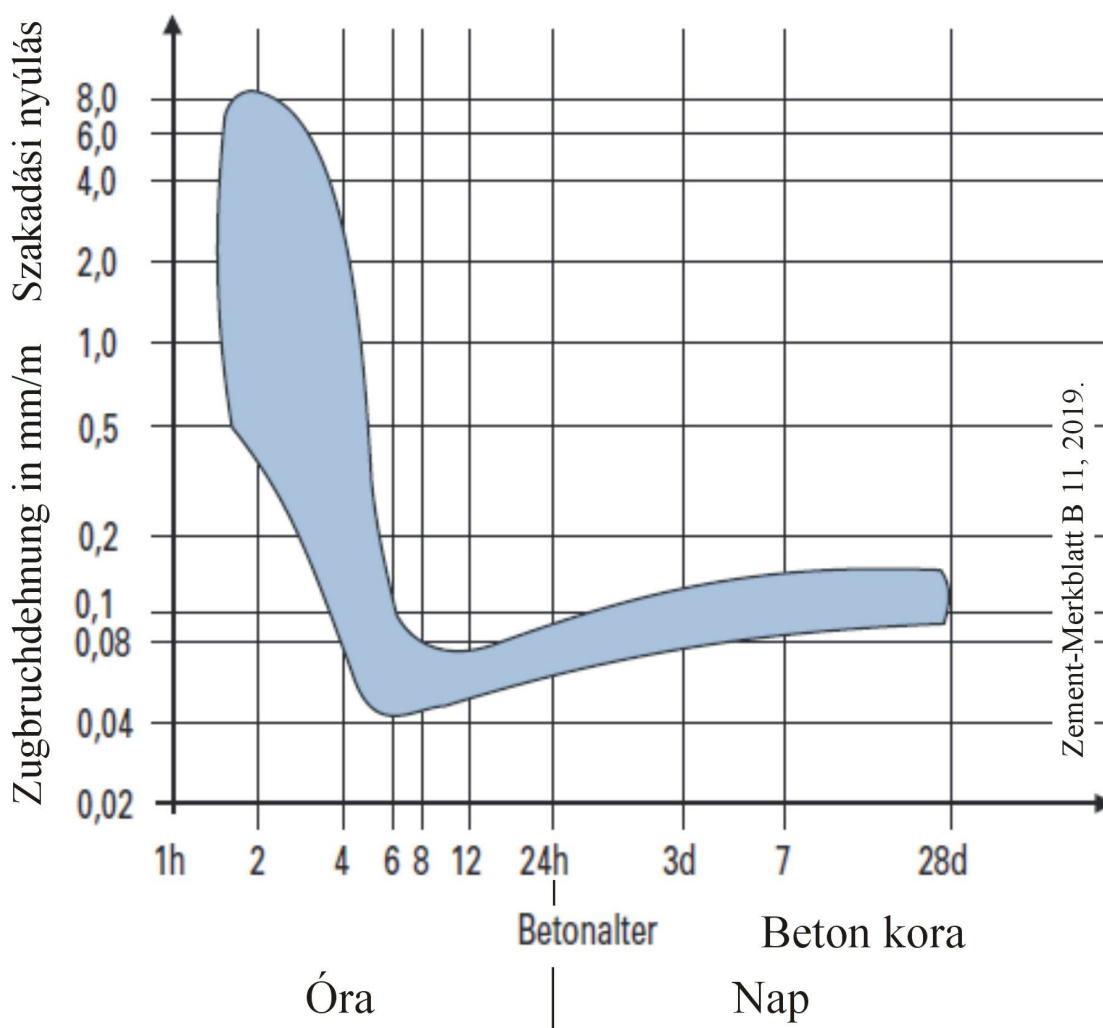
Általánosan elfogadott feltételezés, hogy a régi és az új beton közötti felületi kapcsolat alakváltozással szembeni ellenállása 50-90%, amely esetben 10-20 Kelvin-foknál (10-20 Celsius-foknál) nagyobb hőmérséklet-különbségek esetén az első átmenő repedések elkerülhetetlenül megjelennek.

Az alapra betonozott falaknál a kényszerfeszültségek egytengelyűen és a fal hosszirányában jelentkeznek. A hőmérséklet-különbség repedések keletkezését okozza, amikor az ebből eredő kényszerfeszültségek elérik a beton húzószilárdságát (1.5.T51. ábra). Az ilyen repedések kockázata nagyobb a vastagabb, mint a vékonyabb tömegbetonfalak esetén, mert a vastagabb falakban a hőmérséklet-különbségek nagyobbak.



1.5.T51. ábra: Alaplemezen álló, mintegy 50 cm vastag fiatal tömegbeton-fal hőmérséklet és feszültség görbéje teljes mértékű alakváltozás-korlátozás esetén (vdz Zement-Taschenbuch, 2008), (Zement-Merkblatt B 11, szerzők: *Weisner et al.*, 2019)

A fiatal beton szakadási nyúlása az első napokban legalább 0,04‰ körüli, 3 nap múlva 0,10‰ körüli és később kissé nagyobb érték (1.5.T52. ábra)



1.5.T52. ábra: Fiatal tömegbeton szakadási nyúlása egyenletesen gátolt alakváltozás esetén (vdz Zement-Taschenbuch, 2008), (Zement-Merkblatt B 11, szerzők: Weisner et al., 2019)

A hidratáció folytán felmelegedő friss tömegbeton a környezeti hőmérsékleten lévő alaptestre épül. Balázs György professzor megfogalmazásában (2007), ha az alaptest és a tömegbetonfal között golyóscsapágó volna, akkor a szilárduló tömegbetonfal szabadon alakváltozhatna. De mivel az alaptest és a tömegbetonfal össze van építve, ott alakváltozás jön létre, és a teljes falon átmenő repedések keletkeznek. Ezeket nevezzük átmenő repedéseknek.

A belső és külső okból kiváltott kényszererők általában együtt lépnek fel. A külső kényszer okozta átmenő repedések jelentősége a tartósság szempontjából a belső kényszer okozta kéregrepedések jelentőségénél nagyobb, lényegében döntő mértékű. A tömegbeton zsugorodása tovább tágíthatja a meglévő repedéseket. (Zement-Merkblatt B 11, 2019)

A tömegbeton hidratáció okozta károsodásait

- hidratációhő csökkentéssel,
- a tömegbeton alkotóinak hűtésével,
- megfelelő építéstechnológiával,
- a beépített tömegbeton hűtésével, esetleg az alaptest fűtésével,
- a tömegbeton külső felületének hővédelmével

lehet megelőzni, illetve csökkenteni. (Balázs et al., 1968), (Balázs, 2007)

Lásd még: Cement, Hidratáció, Hidraulit, Kiegészítőanyag, Masszív szerkezet, Vízépítési tömegbeton, Völgyzárógtbeton

Tömör anyag

Lásd: Szilárd anyag

Tömörítési mérték, *Walz-féle*²⁵³

Angolul: Degree of compactability

Németül: Verdichtungsmaß

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-4:2019.

A *Walz-féle* tömörítési mérték adot tömegű laza és betömörített beton térfogatának hányadosa, egynél nagyobb szám.

A tömörítési mérték a visszavont német DIN 1048-1:1991 szabványból átvett konzisztencia mérőszám. Az MSZ EN 12350-4:2019 szabvány és elődei magyar címében szerencsétlen módon tömörödési tényezőnek fordították.

Meghatározásával részletesebben *könyvünk 17.2.3. fejezetében* foglalkozunk.

Jele: C0...C4

Tömörödési tényező, *Glanville-féle*²⁵⁴

A *Glanville-féle* tömörödési tényező a konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 visszavont szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához. A tömörödési tényező vizsgálatát a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint végeztük.

A tömörödési osztályok mérőszámainak határértékei a $d_{\max} = 32$ mm legnagyobb szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas 5 dm³ űrtartalmú hengerrel rendelkező, kisebb *Glanville-féle* készülékre vonatkoznak, amelynek felső csonkakúpja Ø260/Ø130×280 mm méretű. A készülék másik, ritkán használt, nagyobb méretváltozata a $d_{\max} = 63$ mm legnagyobb szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas, ennek henger-űrtartalma 20 dm³, felső csonkakúpja Ø380/Ø190×410 mm méretű. A tömörödési tényező a laza és a bevibrált friss beton testsűrűségének két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egynél nem nagyobb szám.

A tömörödési tényező fogalmát *dr. Palotás László* (1905-1993) az építőanyagok műszaki értelmező szótárába (Terra Könyvkiadó, Budapest) már 1958-ban felvette. A *Glanville-féle* tömörödési tényezőt CF-számnak is szokták nevezni, az angol „Compacting Faktor” kifejezés kezdőbetűi alapján (BS 1881:1988). Az irodalom a mérőeszközt *Glanville-Rilem-féle* készülék néven is említi (RILEM Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de

²⁵³ *Kurt Walz* (1905 – 1999, Düsseldorf) német betontechnológus. 1927-től a Staatliche Materialprüfungsamt Stuttgart anyagvizsgáló intézetben dolgozott. 1940-ben lett docens, 1948-1956 között a Technische Hochschule Stuttgart professzora és a mai Otto-Graf-Institut vezetője, majd ezt követően a Forschungsinstitut der Zementindustrie Düsseldorf betontechnológiai osztályának alapítója és vezetője. A stuttgarti Technische Hochschule-n a betontechnológiát 1966-ig oktatta. Jelentős eredményeket ért el a habarcsok vízzáróságának, a betonok fagy- és olvasztósó-állóságának, a kerámiák és kőanyagok fagyállóságának kutatásában. Számos publikációján és a konzisztenciamérési módszerén kívül nevét őrzi a víz-cement tényező, cement szilárdság és beton nyomószilárdság közötti összefüggést leíró *Walz-féle* görbe sor is.

²⁵⁴ *William Henry Glanville* (1900, Willesden, Middlesex – 1976, Northwood, Middlesex), angol építőmérnök. Diplomáját a East London College (mai Queen Mary University of London) szerezte 1922-ben. A II. világháború előtt építőipari és betontechnológiai, a háború után főképp ügyi kutatásokkal foglalkozott. 1936-ig a londoni Building Research Station (a későbbi Building Research Establishment), majd ezt követően a crowthornei Road Research Laboratory kutatómérnöke. A II. világháború alatt a belügyminisztérium és a légügyi minisztérium vezető tudományos tanácsadójaként tevékenykedett. Nevét az általa kidolgozott konzisztenciamérési módszer kapcsán emlegetjük.

Recherches sur les Matériaux et les Constructions = Építőanyagok és szerkezetek laboratóriumi vizsgálatának és kutatásának nemzetközi egyesülete).

A *Glanville*-féle tömörödési tényező az MSZ EN 206 európai szabványban nem szerepel. Az MSZ EN 12350-4:2019 szabvány szerinti *Walz*-féle tömörítési mérték közelítőleg egyenlő az MSZ 4714-3:1986 szabványban szereplő *Glanville*-féle tömörödési tényező reciprokával.

A *Glanville*-féle tömörödési tényező meghatározásával részletesebben *könyvünk 17.2.3. fejezetében* foglalkozunk.

Jele: $CF1 \dots CF4$

Tömörség

A testsűrűség és az anyagsűrűség hányadosa. A tömörség és a porozitás összege 1,0. Térfogatarány. Kifejezhető térfogat%-ban is.

$$\text{Tömörség} = \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = t = \frac{\rho_T}{\rho_A} = \frac{\frac{M}{V_T}}{\frac{M}{V_A}} = \frac{V_A}{V_T}$$

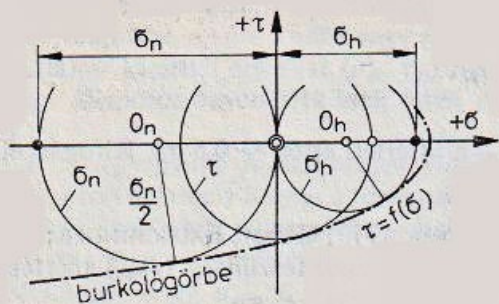
Törésméletek

A törésméletek az anyagi pont törési állapotának és feltételeinek leírásával foglalkoznak. *Palotás László* professzor a „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének I. kötetében írja, hogy az anyagi pont feszültségi, illetve alakváltozási állapotát a főtengelyek – a feszültségi ellipszoid tengelyei – menti főfeszültségekkel, illetve alakváltozásokkal jellemezni tudjuk (*Palotás, 1979*):

- a *legnagyobb főfeszültségek elmélete* szerint a test valamely helyén a törés azért következik be, mert a σ_{Hmax} legnagyobb feszültség meghalad egy az anyag minőségét jellemző tapasztalati (mért) értéket, amelyet az anyagra és az igénybevételre mértékadó σ_H határértéknek nevezünk. Célunk, hogy $\sigma_{max} \leq \sigma_H$ legyen, ahol $\sigma_{max} = \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ főfeszültségek közül – a szóbanforgó igénybevételre vonatkozó – legnagyobbik. A legnagyobb főfeszültségek elméletének egyike a *Rankine elmélet*²⁵⁵ (*Rankine, 1868*), amelynek alkalmazását a betonra az angol nyelvű *Concrete Structures* folyóirat 2022. számában (http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2022/cs2022_2.pdf) *Windisch Andor* professzor a *Mohr-Coulomb elmélet* helyett javasolja. *Windisch Andor* professzor törésméleti cikkének magyar nyelvű kivonata – *Windisch* professzor tollából – a világhálón található: <https://www.betonopus.hu/notesz/windisch-rankine-toreselemelet.pdf>;
- a *legnagyobb hosszváltozás elmélete* szerint az anyag azért megy tönkre (folyik, szakad, törik), mert az előforduló legnagyobb fajlagos hosszváltozás túllépi az anyag szilárdsági tulajdonságai által megszabott tapasztalati (mért) értéket. Azt kellene elérni, hogy a test minden pontjában kisebb, vagy egyenlő legyen a fajlagos hosszváltozás (ε_{max}), mint a fajlagos hosszváltozási határ (ε_H), azaz $\varepsilon_{max} \leq \varepsilon_H$ legyen;
- a *legnagyobb nyírófeszültségek elmélete* (például a *Coulomb elmélet*) szerint a törés beálltára az anyagban fellépő legnagyobb csúsztatófeszültség (τ_{max}) a mértékadó. Célunk, hogy $2 \times \tau_{max} \leq \sigma_H$ legyen;
- *Mohr elmélete* szerint a test valamely pontjában törési határállapot akkor következik be, amikor a szóbanforgó ponton átmenő meghatározott felületelemek, „csúszólapok” mentén az anyagrészecskék elcsúsznak, mert a feszültségállapot az anyagra jellemző

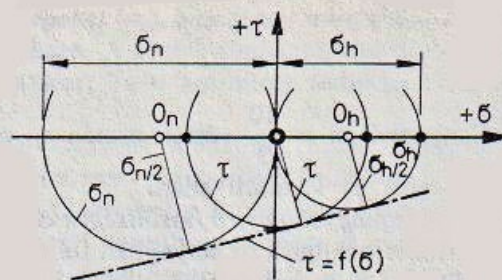
²⁵⁵ A könyv szerzője: *William John Macquorn Rankine* (1820. július 5., Edinburgh – 1872. december 24., Glasgow), skót építőmérnök, fizikus. 1855-1873 között a Glasgow-i Egyetem egyetemi tanára (<https://www.wikidata.org/wiki/Q232149>)

$\tau = f(\sigma)$ összefüggéssel megszabott határt elérte. Ez az összefüggés a különböző igénybevételi módokra kísérletileg állapítható meg. Mindenfajta igénybevétel esetén megállapítjuk a megfelelő szilárdsági határállapotot, vagy a rugalmassági vagy a törést előidéző állapotot, amelyet a *Mohr*-féle ábrázolásban egy-egy főkörrel jellemzünk. Ezeknek a határállapotnak megfelelő főköröknek a burkoló görbéje a *Mohr*-féle határgörbe. Az érintési pontok az illető igénybevételhez tartozó határállapot csúszólapjaiban ébredő csúsztatófeszültségek ponzjai. A *Mohr*-féle burkológörbét általában rideg anyagokra (kő, beton, öntöttvas) szoktuk alkalmazni. (1.5.T53. ábra)

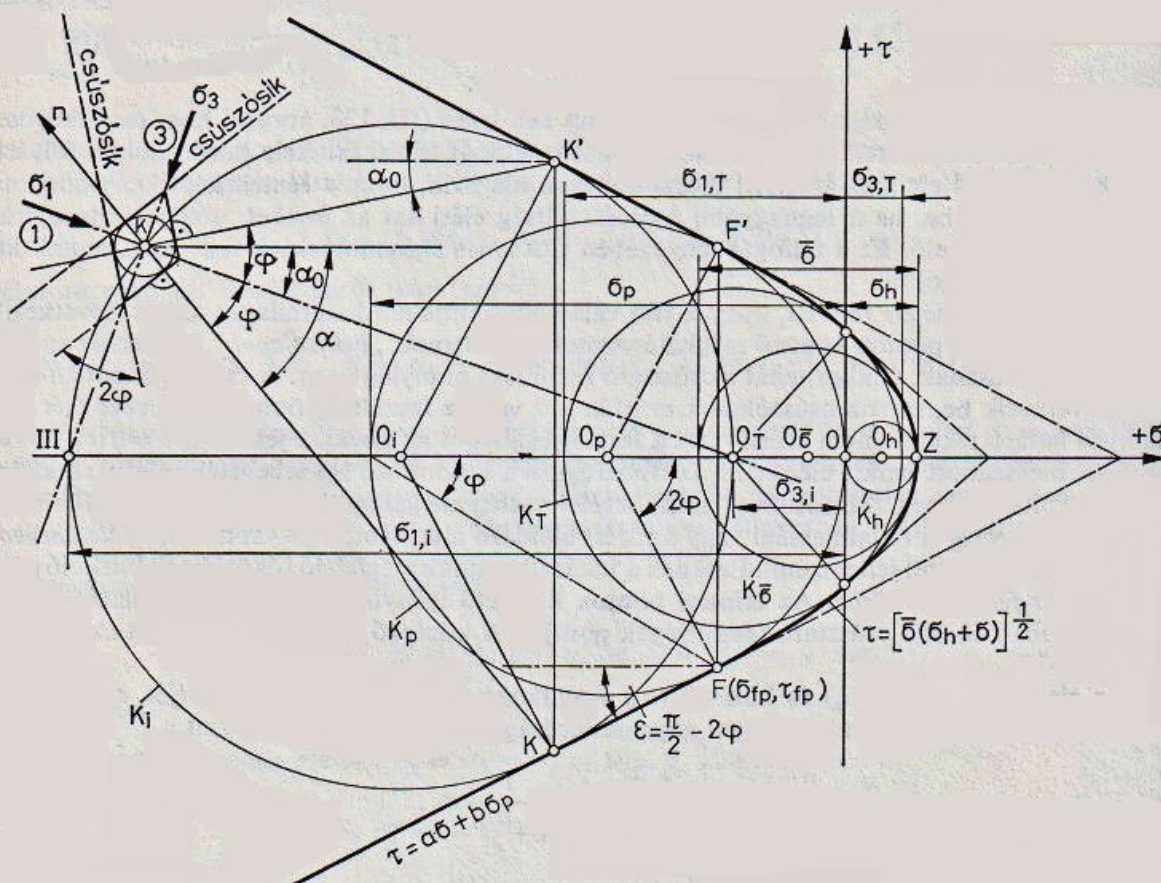


III. 134. ábra

A Mohr-féle burkológörbe



III. 135. ábra
A burkológörbe egyenes, fémanyagoknál



III. 136. ábra
A parabola-egyenesest helyettesítő Mohr-féle burkológörbe készítő anyagoknál

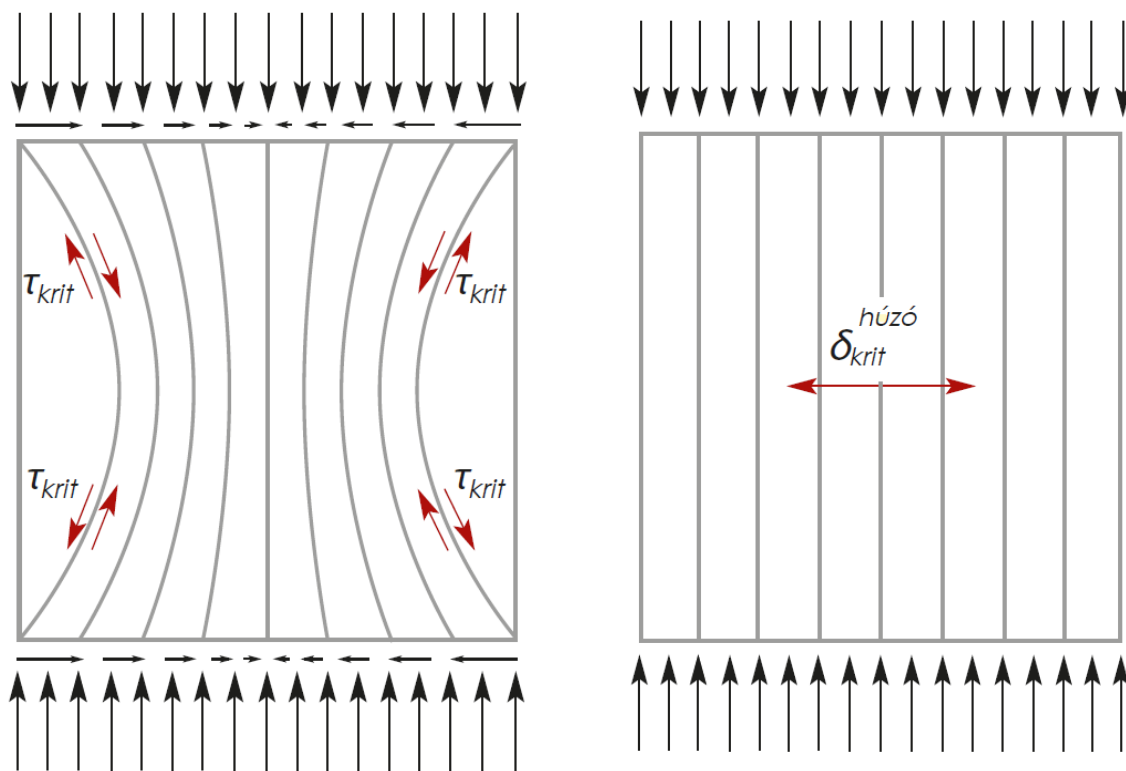
1.5.T53. ábra: A *Mohr*-féle burkológörbe ábrái *Palotás László* professzor „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének I. kötetében (*Palotás*, 1979)

Töréskép

A töréskép a terhelés hatására a betonpróbatestben ébredő erővonalak pályájának (trajektóriáknak) a rajza.

Palotás László professzor írta a „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének harmadik kötetében, hogy „a beton – mint mesterséges kő – rideg anyag, amely a törőterhelés határállapotáig elasztóviszkózus (rugalmas-folyékony) viselkedésűnek tekinthető, a törésállapotban bizonyos, plasztikusnak (képlékenynek) mondható jelenségek állnak elő. A nyomókísérletek eredményei rámutattak arra, hogy a nyomólap és a nyomópróbatest között fellépő súrlódás a nyomószilárdság értékét, valamint a töréskép kialakulását jelentősen befolyásolja.” Mint az 1.5.T54. ábrán látni, a szokásos gúlaalakú csúszótöréssel szemben a töréskép szakadótörésbe megy át, ha a nyomólap és a próbatest között a súrlódás lecsökken. (Palotás et al., 1980), (Kausay, 1967)

Megjegyezzük, hogy a nyomólap és a csiszolt nyomott felületű próbatest között jelentős tapadóerők lépnek fel, így a súrlódás és ezzel a látszólag a nyomószilárdság megnő, tehát a csiszolás – a beton szövetszerkezetének megváltozása nélkül – jelentősen befolyásolja a nyomószilárdság mért (nem szabványos) értékét, ezért a betonpróbatestek nyomott felületének csiszolásával nem értünk egyet. (Kausay et al., 2018)



1.5.T54. ábra: Csúszótörés (bal oldalon) és szakadótörés (jobb oldalon), (Palotás et al., 1980), (Kausay, 1967)

Megjegyzés: A cementkő alakváltozásáról a <https://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/54-cement-hidratacio.pdf> weboldalon lehet olvasni.

Lásd még: Betonpróbatestek csiszolása, Trajektória

Trajektória

Latin eredetű szó, jelentése: pálya, görbe, térgörbe. Esetünkben az erővonalak pályája a terhelt betonpróbatestben vagy szerkezeti elemben.

Lásd még: Töréskép

Transzformáció, transzformálás

A transzformáció fogalmának többféle értelmezése van. Esetünkben transzformáció alatt valamely „A” függvénynek másik „B”, „C” stb. függvényre való geometriai leképezését értjük. A transzformáció alapvető összetevői az „alaktartó transzformáció” és a „területtartó transzformáció”.

Alaktartó transzformáció során az „A” függvény az abszcisszatengely mentén önmagával párhuzamosan eltolódik, és a transzformált „B” függvény az eredeti „A” függvénnyel geometriailag egybevágó lesz.

Területtartó transzformáció során az „A” függvény alakja arányosan megváltozik, és a transzformált „C” függvény az eredeti „A” függvényhez geometriailag hasonló lesz.

Ha valamely „A” függvény alaktartó és területtartó transzformációját egyaránt elvégezzük, mégpedig oly módon, hogy az $f((x - a)/b \mid a; b; c)$ alakú eredeti függvény x független változójának kivonandója zérus értéket ($a = 0$) vesz fel, osztójának értéke pedig $b = 1$, akkor azt mondjuk, hogy az $f(x \mid 0, 1, c)$ alakú transzformált „C” függvény az eredeti „A” függvény standardizált függvénye.

Lásd még: Standardizálás, Egybevágóság, Hasonlóság

Transzportbeton

Friss állapotú megkevert beton, amelyet nem a betonkeverék felhasználója, tehát nem a monolit szerkezetépítő kivitelező és nem saját célú előregyártás céljából a beton-, vasbeton-, feszített vasbetonelemgyártó állít elő.

Trasz, Trassz

A „trassz” holland eredetű szó, jelentése: ragasztóanyag (*Vendl, 1953*).

A trasz (trassz) a természetes puccolánok egyike (*Palotás, 1979. 2. kötet*), nevezetesen a vulkáni tufák finomszemcséjű vagy finomra őrölt olyan változata, amely ún. „kötőképes” (aktív) kovasavat tartalmaz, miáltal kalcium-hidroxiddal víz alatt vagy vízesen is szilárduló kalcium-szilikát-hidrátokat képez (*Vendl, 1953*).

A trasz „kötőképesége” főleg azon vulkáni tufák sajátossága, amelyek néhány százalék vizet tartalmaznak (*Vendl, 1953*).

A főalkotórészként természetes puccolánt, azaz traszt tartalmazó puccolán-portlandcementek jele az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint: „P”, például: CEM II/A-P (trasztartalma 6-20 tömeg%), CEM II/B-P (trasztartalma 21-35 tömeg%). E tömegtömegszázalékok az összes fő- és melléalkotórész (például: gipszkő, félhidrát, anhidrit) együttes mennyiségére vonatkoznak.

A visszavont MSZ 4702:1956 szabványban a trasz-portlandcementet például a következőképpen jelölték: „Selypi 400-as traszportlandcement MSZ 4702”. E régi szabvány szerint a trasz-portlandcement klinker-tartalma legalább 45 tömeg% volt, a savanyú kiegészítőanyag (visszavont MSZ 4706) és gipszkő együttes tartalma az 500-as, 400-as és 300-as trasz-portlandcementben rendre legfeljebb 30, 40 és 55 tömeg% lehetett; és a traszból a teljes cementmennyiségre vonatkoztatott legfeljebb 35 tömegszázaléknyi lehetett hidrátvíz-tartalma.

Az MSZ 18281:1979 szabványban savanyúnak (tútelítettnak) a 65 tömegszázaléknál nagyobb, semlegesnek (telítettnak) az 52-65 tömegszázalék közötti, bázikusnak (telítetlennek) az 52 tömegszázaléknál kisebb szilícium-dioxid-tartalmú magmás kőzeteket nevezik.

A visszavont MSZ 4706:1963 szabvány azokra a savanyú hidraulikus cement-kiegészítőanyagokra vonatkozott, amelyek „alap-modulusa”, mint a „savanyúság” feltétele:

$$\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\%}{\text{SiO}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%} < 1,0$$

A visszavont MSZ 4706:1963 szabvány szerint a savanyú hidraulikus cement-kiegészítőanyagok SO_3 -ban kifejezett kéntartalma legfeljebb 3,5 tömeg%, karbontartalma (karbon = szén, mint kémiai elem, jele: C) legfeljebb 5,0 tömeg% lehetett.

A aktív (kötőképes) kovasav „aktív savanyú alkatrész”, ennél fogva a trasz a „savanyú hidraulitok” csoportjába tartozik. Minden savanyú természetes cement-kiegészítőanyagra jellemző a közönséges szárítással el nem távolítható víztartalom, amely közel a hidratvíz-tartalmat adja, amelynek értéke 6-12 tömeg% között van, továbbá az oldható kovasav-tartalom, amelynek mennyisége 30-70 tömeg% között változik (*Palotás*, 1979. 2. kötet).

A selypi, rátkai és sátoraljaújhelyi traszok vegyi, fizikai és szilárdsági jellemzői, valamint differenciál-termoanalízis vizsgálati adatai (DTA-görbék) – hivatkozással a *Wessely*: „A trasz hidraulikus kiegészítő kötőanyag vizsgálata”. Budapest, 1959. Építőanyag. p. 397. irodalomra – *Palotás László* „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyv 2. kötetének 493-494 oldalán található (*Palotás*, 1979. 2. kötet).

Lásd még: Cement, Gyengén hidraulikus kötőanyagok, Kalcium-hidroxid, Kalcium-szilikát-hidrát, Kiegészítőanyag, Kovasav, Karbon, Mész-modulus, Puccolán, Puccolános tulajdonság, Római cement, Termogravimetria, Tufa

Trendvonal

Mérési eredmények (például valószínűségi változók) polinomjára (koordináta-rendszerben a mérési eredmények ábrázoló pontjait összekötő törtvonalú egyenes) a legkisebb hibanégyzetösszegek módszerével illesztett függvény.

Triaxiális igénybevétel (Háromtengelyű igénybevétel)

Lásd: Többtengelyű igénybevétel

Tufa

A tufa szó eredete a latin tofus = likacsos kő, illetve az olasz tufo név (*Vendl*, 1953).

A finomszemcséjű vagy finomra őrölt tufák neve: trasz (trassz).

Az MSZ 18281:1979 szabvány szerint a vulkáni tufa a vulkánokból levegőbe került lávarészek megszilárdulásával és az így képződött vulkáni poranyag lerakódásával keletkezett magmás törmelékes vulkáni kőzet.

A vulkánokból kiszórt laza tömegek, mint például a vulkáni bombák, a lappilik (apró kődarabok), a vulkáni homok, vulkáni hamu, a föléjük került kőzetek nyomása alatt, esetleg hegyképző erők hatására, főleg pedig a beléjük jutó vízből kiváltott cementező anyag kötőereje következtében állnak össze és szilárdulnak meg. A kiszórt anyag milyensége szerint agglomerátumos (nagyobb darabokból álló), konglomerátumos (gömbölyű darabokból álló), breccsás (szögletes darabokból álló) tufát, hamutufát, kristálytufát szokás megkülönböztetni. A tufák a nevüket attól az effúzív (kiömlési) kőzettől nyerték, amely ugyanabból a lávából keletkezett, mint amelyből kiszórt anyag származik. (*Vendl*, 1953).

Az MSZ 18281:1979 szabványban riolittufa, riolitdácittufa dácittufa, andezittufa, bazalttufa megnevezésű magmás, vulkáni törmelékes kőzeteket különböztetnek meg, de ismertek például a kvarcporfirtufák, a trachittufák stb. is, amelyek, ha kellő szilárdságúak, akkor épületek és építmények bányászati módszerekkel kitermelt, majd a köfeldolgozás módszereivel kialakított, építőköveiként (visszavont MSZ 18294:1986 szabvány) szolgálnak.

A riolittufák, riolitdácittufák, dácittufák, mint építőkö alapanyagok inkább csak helyi jelentőségűek. Elterjedtebben azokat használják, amelyek hévforrások hatására utólag kovasavval itatódtak át, mint például a Bodrogkeresztúr, Sárospatak, Szerencs környékén fejtett tufák. Ezek nem csak „nagyszilárdságúak”, hanem tartósak is. Például a bodrogkeresztúri riolittufa átlagos nyomószilárdsága 170 kg/cm^2 ($= 16,7 \text{ N/mm}^2$). (*Vendl*, 1953).

A bodrogkeresztúri riolittufának két változata van, az egyik változat színe fehér, pórusai nagyobbak, a másiké sárgás fehér és pórusai kisebbek. A riodácittufák is világos színűek és nagyon hasonlítanak a riolittufához. Riodácittufa bánya például a Pásztótól nem messze fekvő Tar község határában és a Mátra észak-nyugati oldalán Mátraszele és Salgótarján között fekvő Kazáron található. A szóban forgó riolittufa fajtájú kőzeteket e könyv szerzője az 1980-as években vizsgálta, és az 1.5.T20. táblázatbeli eredményeket kapta.

1.5.T20. táblázat: Riolittufák tulajdonságai (1980-as évekbeli vizsgálati eredmények)

Bánya helyszíne	Bodrogkeresztúr		Tar	Kazár
Kőanyag fajtája	Riolittufa		Riodácittufa	
Szín	Fehér	Sárgás fehér	–	Világos szürke
Pórusméret max, mm	20 - 30	2 - 8	–	–
Testsűrűség, kg/m ³	1460	1390	1450	1570
Anyagsűrűség, kg/m ³	2500	2600	–	2520
Porozitás, térfogat%	42	47	–	38
Vízfelvétel, tömeg%	29	30	19	24
Nyomószilárdság, N/mm ²	22	10	14,7	–
Nyomószilárdság 50 fagyasztási ciklus után, N/mm ²	–	–	10,5	–
Los Angeles aprózódás, tömeg%	44	29	–	–
Mikro-Deval, száraz, tömeg%	–	–	–	16,6
Mikro-deval, vizes. tömeg%	–	–	–	42,4
Hummel aprózódás, tömeg%	72	62	–	–
Hővezetési tényező, W/mK	< 0,42	< 0,42	0,43	–
Fajlagos radioaktivitás				
²³² Th	–	–	–	78,6 ± 6,8
²²⁶ Ra	–	–	–	30,9 ± 2,5
⁴⁰ K	–	–	–	971,3 ± 52,8
H veszélyességi tényező	–	–	–	0,67

Az 1969 júniusának végén a 43. sz. Állami Építőipari Vállalat 1. sz. Házgyárának udvarán „Panel homlokzatok és mozaiklap burkolatok esztétikus kialakítása” címmel megrendezett nagyszabású kiállításon bemutatták a Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat által, az Építéstudományi Intézet szabadalma alapján gyártott 35-40 mm vastag hőkezelt (hőfűtéses, égetett) riolittufalapokat, amelyek járófelület készítésére nem, hanem belső és fagyállóságuknál fogva külső falburkolatok készítésére voltak alkalmasak. A riolittufalapok vagy a tufabeton felületét a kívánt felületszínnek megfelelő vegyszerekkel kezelték, majd magas hőmérsékleten hőfűtéssel megolvastották. A felület lehülése után a megolvadt réteg zománcszerűvé, üvegessé vált.

Lásd még: Hőfűtéses felületképzés, Látszóbeton, Radioaktivitás, Sugárvédelem, Trasz, Tufabeton

Tufabeton

A tufabeton a könnyűadalékanyagos könnyűbetonok egyike.

A tufák könnyűbetonok adalékanyagakénti alkalmazása sorá tekintettel kell lenni arra, hogy a tufák szilárdsága és tartóssága általában kisebb, mint a megfelelő kiömlési kőzeteké. Tufa adalékanyagú könnyűbeton falazóelem gyártás tekintetében porózus szövetszerkezetükénél

fogva előnyös tulajdonságuk a kiömlési közeteknél kisebb testsűrűségük és jobb hőszigetelőképességük.

Az általunk az 1980-as években készített bodrogkeresztúri riolittufabeton és kazári riódácittufabeton próbatestek vizsgálati eredményeit az 1.5.T21. táblázatban tüntettük fel.

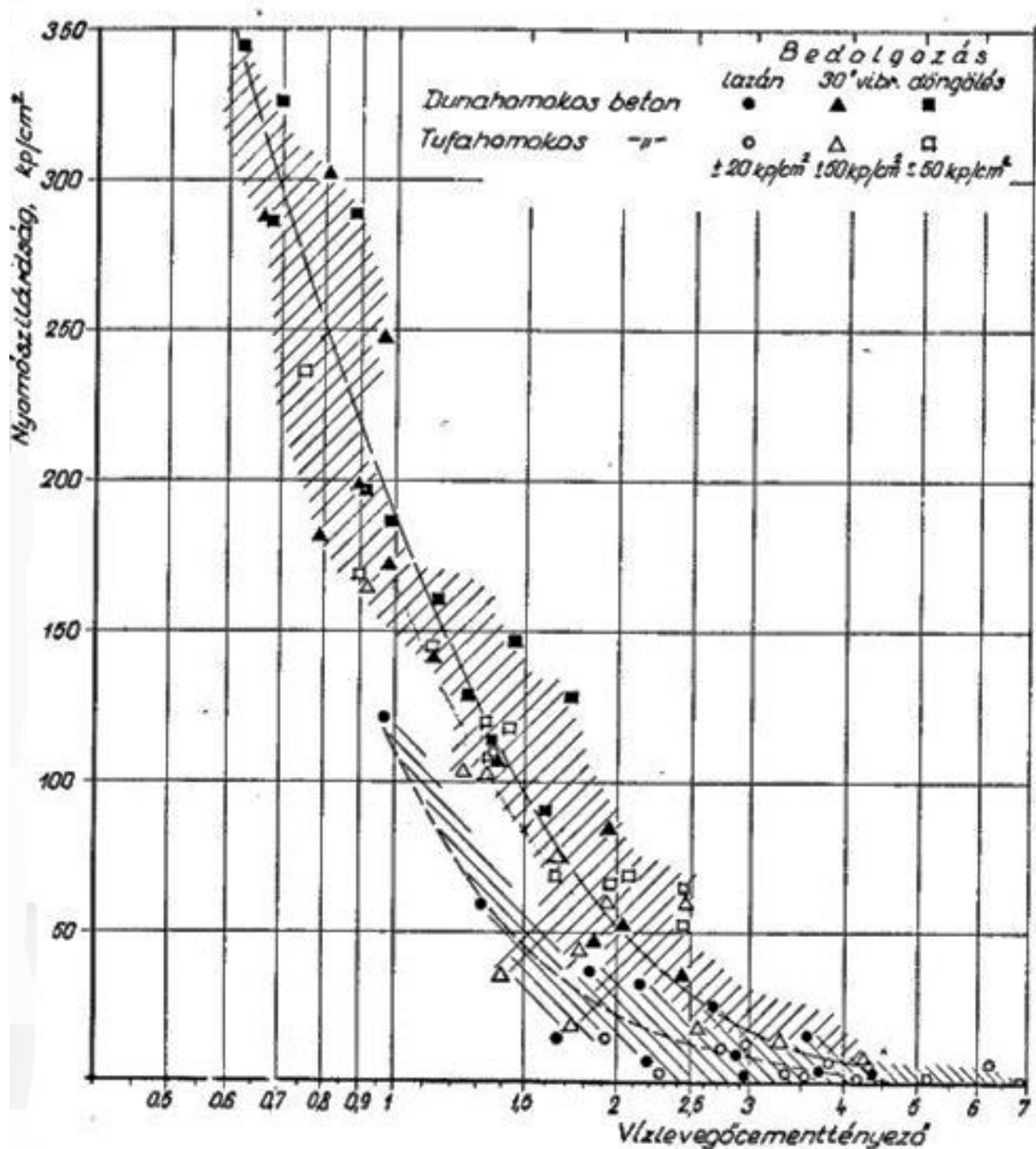
1.5.T21. táblázat: Riolittufa fajtájú adalékanyaggal készített könnyűbeton próbatestek vizsgálati eredménye az 1980-as évekből

Bánya helyszíne	Bodrogkeresztúr	Kazár
Adalékanyag fajtája	Fehér riolittufa	Világos szürke riódácittufa
Anyagok megnevezése	A beton összetétele	
350 kspc 20 cement, kg/m ³	350	–
450 pc, kg/m ³	–	300
Víz, kg/m ³	175	270
0/4 mm homok, kg/m ³	235	–
0/4 mm tufa, kg/m ³	235	522
4/8 mm tufa, kg/m ³	705	783
Víz-cement tényező	0,50	0,90
A cement mai megfelelője	CEM II/A-S 32,5 N	CEM I 42,5 N
Könnyűbeton-vizsgálati eredmények		
Testsűrűség friss állapotban, kg/m ³	1743	1856
Testsűrűség 28 napos korban, kg/m ³	1620	1810
Nyomószilárdság 7 napos, N/mm ²	8,7	4,7
Nyomószilárdság 28 napos, N/mm ²	13,8	14,8
Hővezetési tényező, W/mK	0,6248	0,456

A könnyűadalékanyagok betonokkal, azokon belül a tufabetonokkal hazánkban többek között *Ujhelyi János* főmérnök foglalkozott. A Mérnöki Továbbképző Intézetben 1960-ban tartott ilyen tárgyú előadása a <https://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/7-ujhelyi-1960-konnyuadalekos-beton.pdf> weboldalon olvasható. *Ujhelyi János* a kandidátusi értekezésének tárgyát is a könnyűadalékanyagok betonok témaköréből választotta, és azok tervezésével és szilárdság-előrebecslésével foglalkozó, 1967-ben elkészült, a világhálón is megtalálható (<https://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/23-ujhelyi-1967-kandidatusi.pdf>) értekezésében a bodrogkeresztúri riolittufa és a felhasználásával készített tufabetonok kísérletekkel meghatározott tulajdonságainak adatait is bemutatta.

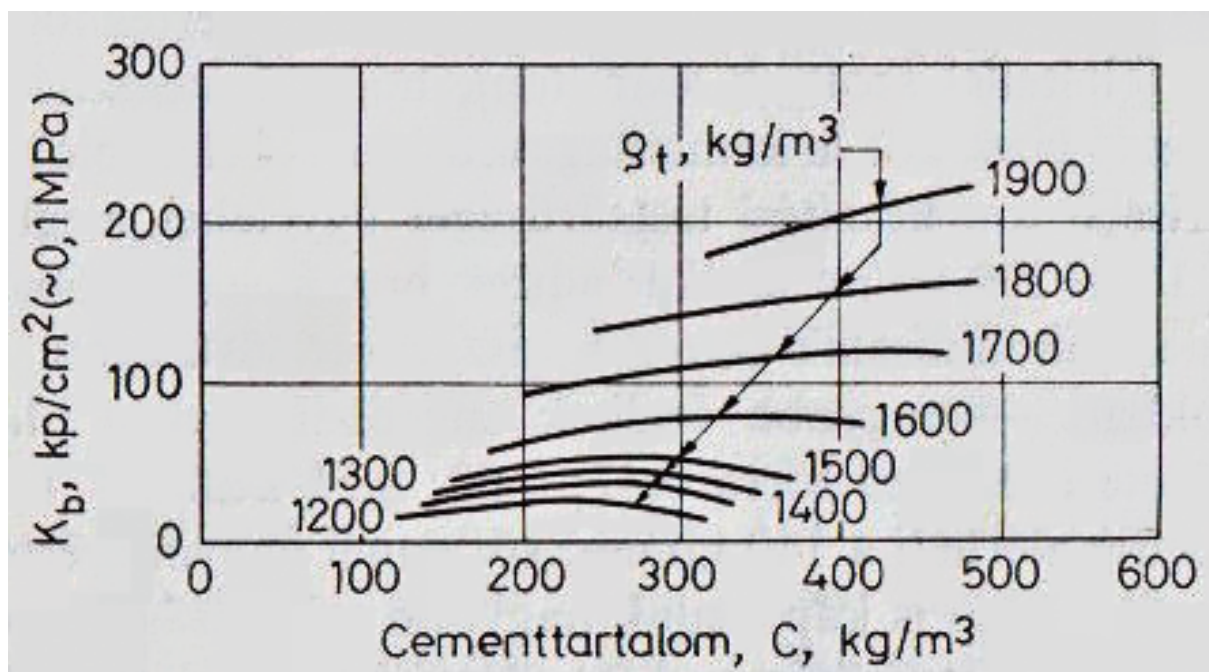
Ujhelyi János kísérleteihez 2240 kg/m³ anyagsűrűségű, 1341 kg/m³ testsűrűségű, 750 kg/m³ halmazsűrűségű, 20 tömegszázalékos 1 órás vízfelvételű, 400 liter/m³ szemcs- és 270 liter/m³ halmaz-pórustartalmú, 0-20 mm szemnagyságú bodrogkeresztúri riolittufát használt. Ismert tulajdonságú, 0-1 mm szemnagyságú bodrogkeresztúri tufahomok, illetve dunahomok habarcsokból és a bodrogkeresztúri riolittufa 1-300 mm szemnagyságú szemeiből különböző arányú könnyűbeton-keverékeket készített földnedves és képlékeny konzisztenciával, azokat háromféle módszerrel (lazán, tomorítva, döngölve) dolgozta be, majd a szilárd könnyűbeton nyomószilárdságát 28 napos korban állapította meg. A tufahomok tartalmú, földnedves konzisztenciájú tufabetonokkal átlagosan 11,67 N/mm², a tufahomok tartalmú, képlékeny konzisztenciájú tufabetonokkal átlagosan 8,63 N/mm², a dunahomok tartalmú, földnedves konzisztenciájú tufabetonokkal átlagosan 23,12 N/mm², a dunahomok tartalmú, képlékeny konzisztenciájú tufabetonokkal átlagosan 17,53 N/mm² nyomószilárdságot ért el.

A kísérleti eredmények felhasználásával *Ujhelyi János* a bodrogkeresztúri riolituffabeton 28 napos nyomószilárdságát a víz+levegő—cement tényező függvényében, az 1.5.T55. ábrán látható módon fejezte ki.



1.5.T55. ábra: A bodrogkeresztúri riolituffabeton 28 napos nyomószilárdságának a víz+levegő—cement tényező függvényében kifejezett görbéje *Ujhelyi János* kandidátusi értekezésében (1967)

Palotás László professzor „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének 3. kötetében (*Palotás et al.*, 1980) az 1.5.T56. ábrán látható diagram található, amelyen a tufabetonok nyomószilárdsága a cementtartalom függvényében szerepel.



1.5.T56. ábra: A tufabetonok 28 napos nyomószilárdságának a cementtartalom függvényében kifejezett görbéje (Palotás et al., 1980)

Az adalékanyagos könnyűbetonok, így a tufabetonok hőtechnikai jellemzői a beton nyomószilárdságától, illetve testsűrűségétől és nedvesség-tartalmi állapotától függenek. A bodrogkeresztúri riolittufabetonok hőtechnikai jellemzőire adatok Palotás László professzor „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének 3. kötetében (Palotás et al., 1980) találhatók (1.5.T22. táblázat)

1.5.T22. táblázat: A bodrogkeresztúri riolittufabetonok hőtechnikai jellemzői (Palotás et al., 1980)

Nyomószilárdság N/mm ²	Testsűrűség, kg/m ³		Hővezetési tényező, kcal/mh°C	
	szárított	légszáraz	szárított	légszáraz
2,0	1250	1300	0,46	0,56
3,5	1280	1330	0,48	0,58
5,0	1330	1380	0,50	0,60
7,0	1400	1420	0,52	0,62
10	1420	1480	0,55	0,64
Nyomószilárdság N/mm ²	Testsűrűség, kg/m ³		Hővezetési tényező, kcal/mh°C	
	szárított	szárított	38 cm vastag téglafallal egyenértékű hőszigetelő- képességű légszáraz tufabetonfal vastagsága, cm	25 cm vastag téglafallal egyenértékű csillapítású légszáraz tufabetonfal vastagsága, cm
2,0	1250	1250	32,5	28,0
3,5	1280	1280	34,0	28,0
5,0	1330	1330	35,0	28,0
7,0	1400	1400	36,0	28,5
10	1420	1420	37,5	28,5

A bodrogkeresztúri riolitufabeton fajhőjének átlagértéke: $0,22 \text{ kcal}/(\text{kg}^\circ\text{C}) = 921,1 \text{ J}/(\text{kgK})$ [ugyanis: $1,0 \text{ kcal}/(\text{kg}^\circ\text{C}) = 4186,8 \text{ J}/(\text{kgK})$] (Palotás et al., 1980).

Lásd még: Tufa, Víz+levegő—cement tényező

Tuskó

Lásd: Acéltuskó

Tűz hatása a betonra

A beton nem éghető építőanyag, ezért a tűzterhelést nem növeli, inkább a hatását korlátozza.

Ugyanakkor a tüzet kísérő felmelegedés a betonszerkezet fizikai és kémiai károsodását okozhatja, amely a merevség (rugalmasság, németül: Steifigkeit) és a szilárdság elvesztésével jár. A cementkő egyes összetevői (például az ettringit) már 60°C hőmérséklet felett átalakulhatnak, ami a beton $60\pm 5^\circ\text{C}$ hőmérsékleten történő szabványos szárításának a magyarázata.

A beton hő hatására létrejövő fázisátalakulásai (1.5.T23. táblázat) fellépő termomechanikai és termohidraulikai szerkezetváltozások betonlepattozásokkal járnak, amelyek a felhevült beton- és vasbetonépítmények teherbíróképességét jelentősen csökkentik. A lepattogzások a beton elégtelen vízgőz-áteresztőképességéből (hidrodinamikai permeabilitás) adódnak. (Holschemacher et al., 2017)

1.5.T23. táblázat: A beton fázisátalakulásai hő hatására (Holschemacher et al., 2017)

Beton összetételétől függő hőmérséklet-tartomány, $^\circ\text{C}$	Fázisátalakulás vagy bomlási reakció
30-120	Az elgőzölhető víz (pórusvíz = szabad víz + kapilláris víz + gélvíz) párolgása (forráspont alatt: Verdunstung), illetve elgőzölgése (forrásponton: Verdampfung); fizikai folyamat
60	A cementkő egyes összetevői (például az ettringit) átalakulásának kezdete
100-300	A gél lebomlása, a víz kémiai reakcióval kísért távozásának (a dehidratációnak) a kezdete
250-600	Az el nem gőzölhető víz (a cementkőbe a hidratáció során beépült víz, pontatlanul nevezik kémiailag kötött víznek is) leadása
450-550	A portlandit bomlása: $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
573	Hirtelen kvarc-robbanás (Quarzsprung); a kvarc hirtelen, mintegy 0,8 térfogat% mértékű térfogatnövekedése
600-700	A kalcium-szilikát-hidrát-fázisok (CSH-fázisok) bomlásának kezdete
600-900	A mészkő bomlása: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, (CO_2 Ausgasung = Entsäuerung, azaz lúgosodás, tehát a semleges kémhatású kalcium-karbonátból lúgos kémhatású kalcium-oxid lesz)
1200-1300	A cementkő olvadásának kezdete
≥ 1400	A cementkő olvadt állapotban van (Zementstein als Schmelze)
Ajánlott olvasmány: http://www.betonopus.hu/szakmernoki/104-testsuruseg.pdf az 54. oldaltól a 74. oldalig.	

A tapasztalatok szerint az öntömörödő, a nagyszilárdságú, és az ultra-nagyszilárdságú betonok a szokványos (normál) betonhoz képest idő előtti lepattogzásra hajlamosak, mert cementkövük nedvesség-szállítási képessége a tömörebb szövetszerkezet folytán sokkal kisebb.

Az öntömörödő betonhoz és a nagyszilárdságú betonhoz képest az ultra-nagyszilárdságú beton porozitása még kisebb. A nagymértékű tömörség a tartósság szempontjából előnyös, de tűz esetén hátrányos. (Holschemacher et al., 2017)

A 105 °C hőmérsékleten elgőzölgő víz egy része diffundál a betonba, és a még fel nem melegedett rétegben lecsapódik, amely hőmérsékletfüggő kondenzációs réteg végül vízzel teljesen megtelik és megakadályozza a vízgőz további diffúzióját a beton hidegebb rétegeibe. Ennek eredményeként, különösen a cementkő kapilláris pórusaiban megnő a gőznyomás. A viszonylag nagy porozitású szokványos (normál) beton esetén a gőz a nagyobb pórusokban veszít a nyomásából, vagy a felületen kigőzölög. Nagyon sűrű beton esetén viszont a telítési gőznyomás növekszik, és ha eléri a beton szakítószilárdságát, akkor – függetlenül a szilárdság robbanásveszélyes repedések keletkeznek, majd felületi lepattogzások, réteglepattogzások lépnek fel. A hőmérséklettől függő szilárdsági és merevségi (rugalmassági, Steifigkeit) változások ebben az esetben nem meghatározók. (Holschemacher et al., 2017)

A megnövekedett belső feszültségek kialakulásának másik forrása az adalékanyagok, különösen a kvarcit-tartalmú kőanyag szemek hőmérsékletfüggő tágulási viselkedése. Ennek az oka, hogy atmoszférikus nyomáson, 573 °C hőmérsékleten a kvarc térfogata hirtelen megnő (kvarc-robbanás, Quarzprung). Nagyobb hőmérsékleten a kalcium-karbonát-tartalmú adalékanyagok a bomlás során szén-dioxidot (CO_2) bocsátanak ki, miközben a cementkőben megnő a nyomás, ami általában a szakítószilárdság túllépése következtében nagymértékű kipattogzásokhoz vezet. A tűznek kitett betonelemek kipattogzása egyrészt tönkre teheti a vasbetonszerkezetek betonfedését, másrészt lecsökkenti a szerkezeti elem a keresztmetszeti területét, amely így már nem lesz elegendő a terhek viselésére. (Holschemacher et al., 2017)

Elvileg a beton robbanásszerű kipattogzása tűz esetén termomechanikai, termohidraulikus, fizikai és kémiai folyamatok szuperpozíciójának tekinthető, amelyek nemcsak hőmérséklet-, hanem mindenekelőtt időfüggőek. Az esetenként párhuzamosan fellépő károk jobb megértése érdekében egyre gyakrabban kísérleteznek kis és eredeti léptékű numerikus szimulációs modellekkel. A legfrissebb eredményeket a cementkötésű anyagoknak a nagy hőmérséklet következtében fellépő lepattogzási jelenségeiről például Dehn et al. (2009) foglalta össze. (Holschemacher et al., 2017)

Bár számos kísérletből ismert, hogy a beton viselkedése tűz hatására finom szálak hozzáadásával javítható, a jelenlegi szabályozásban a szerkezeti tűzvédelem elsősorban a megfelelő betonfedéssel biztosított. E tekintetben fontos különbséget tenni a magas- és a mélyépítési építmények között. Figyelembe véve a kapcsolódó hőmérséklet-idő hatásokat, a robbanásveszélyes repedések megjelenése például polimerszálak hozzáadásával jelentősen csökkenthető. Ezt a nagyszilárdságú betonban régóta alkalmazott technológiát egyre inkább a vasúti és közúti alagútépítésben alkalmazzák (ZTV-ING, 2007), (Dehn et al., 2010). (Holschemacher et al., 2017)

A beton robbanásszerű kipattogzásának hatékony csökkentése olyan pórusrendszerrel érhető el, amely az erős gőznyomás megfelelő csökkentését eredményezi. Ez bizonyos műanyagszálak, így elsősorban polipropilén-szálak (PP), de polivinilalkohol-szálak (PVA) hozzáadásával is elérhető, amelyek egyrészt a tűz hatására megolvadnak, és folyamatos mikropórusokat szabadítanak fel, másrészt pedig porózus „átmeneti zónát” képeznek a cementkő és a műanyagszálak között, hogy a keletkező gőznyomás ideje korán az erejét veszítse. A vízgőz elvezetéséhez és ezáltal a húzófeszültségek csökkenéséhez megfelelő átmérőjű, hosszúságú és elhelyezkedésű pórusokra, illetve szálakra van szükség. Az optimális póruskeresztmetszet a kiindulási anyagoktól és két ellentétes tényezőtől függ. Amíg a nagy kapillárisok túl hosszú utat képeznek és túl kicsi felületet biztosítanak a vízgőz szállításhoz, addig a kis pórusok nem képesek elég gyorsan engedni a vízgőz távozását. Ezért a megfelelő pórusátmérő felső határa valószínűleg a tizedmilliméteren belül van. Az alsó határt akkor érjük el, ha a pórusok mérete a diffúziós sebesség szempontjából kedvező, azaz $< 3 \mu\text{m}$. Kísérletek

azt mutatják, hogy a szabad és a kémiailag kötött víz nagy része már például a polipropilén szálak bomlásának megindulása előtt elpárolog. Minthogy ekkor a szálak még mindig a helyükön vannak a rendszerben, következik, hogy a vízgőz elsősorban a cementkő és az adalékanyag közötti, illetve a cementkő és a szálak közötti „átmeneti zónákon” keresztül távozik a betonból. (Holschemacher et al., 2017)

A polimer szálak pozitív hatása a beton tűzállóságára elsősorban három tényezőnek tulajdonítható (Holschemacher et al., 2017):

- A beton áteresztőképességének (permeációnak) javulása kapilláris pórusok kialakulásával a szálak olvadásakor és elégésekor. A szálak hatékonyságát gyakran e jelenség mértékével fejezik ki.
- Az áteresztőképesség javulása az „átmeneti zónák” kialakulásával. Az adalékanyag és a cementkő közötti „átmeneti zónák” határfelületén pórusok és lágy hidratációs termékek, például portlandit és ettringit találhatóak. Ezen „átmeneti zónák” vastagsága elsősorban az egyenértékű víz-cement tényezőtől, a cement típusától és a finomra őrölt II. típusú kiegészítőanyagok (szilikapor, pernye, metakaolin stb.) alkalmazásától függ. Az „átmeneti zónák” elvileg nagyobb nedvesség-diffúziót tesznek lehetővé, de csak részben kapcsolódnak egymáshoz. A szálak körüli „átmeneti zónák” kapcsolatot teremtenek ezek között a különböző „átmeneti zónák” között, és ezáltal áteresztőbbé teszik a betont.
- A szálak betonba keverésével a szövetszerkezet fellazulása következtében keletkező mikropórusok szintén javítják áteresztőképességet. Azt, hogy ilyen hatás elvileg fennállhat, az mutatja, hogy nagyobb polimer szál tartalommal a beton nyomószilárdsága csökken.

A 100-200 °C közötti hőmérséklet-tartományban a cementkő vízvesztése és egyéb hatások következtében a betonok szilárdsága, különösen a húzószilárdsága lecsökken. Az acélszál-tartalom növeli a beton hevítési sebességét, és ezzel meggyorsítja betonkárosodás kezdetét. Másrészt az acélszálak megakadályozhatják a betondarabok leválását, és – az acélszálak szilárdságának elvesztéséig, valamint a szálak és a beton közötti kötés lecsökkenéséig – átmenetileg megvédhetik a még ép betont a közvetlen lángtól, ami csökkenti a beton belsejében a hőmérséklet-emelkedés mértéket. Jelenleg nincsenek alapvetően megbízható ismeretek az acélszálak kedvező hatásáról a tűznek kitett beton viselkedésére, bár például kimutatták, hogy a 42 kg/m³ acélszál-tartalom a betonok magas hőmérsékleti szilárdsága és duktilitása (képlékeny alakváltozása) szempontjából kedvező. (Holschemacher et al., 2017)

A tűz hatásától a szerkezeti betont üvegszál-erősítésű könnyűbeton burkolatokkal, burkolóréteggel szokták védeni. Az ilyen üvegszál-erősítésű könnyűbeton cementet, AR (alkáli rezisztens) üvegszálakat és könnyű adalékanyagként újrahasznosított üvegből készült expandált üveghab granulátumot tartalmaz, és nagy ütésállósággal és tűzállósággal rendelkezik. (Holschemacher et al., 2017)

Hazánkban a nagy hőmérsékletnek, illetve a tűznek a betonokra gyakorolt hatása tárgyú értekezésével Majorosné Lublőy Éva okl. építőmérnök elnyerte az MTA doktora címet, majd a Műegyetemen egyetemi tanárrá nevezték ki (Majorosné Lublőy, 2021). (Lublőy altémafelelős, 2021)

A Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága az építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzőiről tűzvédelmi műszaki irányelvet adott ki (TvMI 11.3:2022.06.13.), az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft. pedig az NVKP_16-1-2016-0019 kutatás keretében (Tóth P. L. et al., 2021) a feszített homlokzati elemek tűzvédelmi jellemzőiről készített építésügyi műszaki irányelvet (5_2022. ÉPMI).

Lásd még: Cementgél, Cementkő, Cementkőben lévő víz, Dehidratáció, Egyenértékű víz-cement tényező, Elgőzölhető víz, El nem gőzölhető víz, Gélvíz, Hidrodinamikai permeabilitás, Kalcium-szilikát-hidrát, Kémiailag kötött víz, Klorid-migrációs együttható, Polimerszálak, Porozitás, Portlandit, Szálerősítésű beton

Tyler-féle szitasorozat

Tyler-féle²⁵⁶ szitasorozatnak azon duplázódó lyukbőségű sziták összességét nevezzük, amelyeket *Abrams* a Tyler-féle szitaszövet rendszerből az adalékanyag finomsági modulusának kiszámításához alkalmazott (lásd: *Abrams*-féle finomsági modulus).

A Tyler-féle szitaszövet rendszer kifejlesztése idején (1910) 42 különböző, egyenletesen növekvő lyukbőségű szitából állt. A legkisebb lyukbőség 0,0008 inch (~0,020 mm), a legnagyobb lyukbőség 1,0433 inch (~26,5 mm) volt²⁵⁷. Az 1.5.T57. ábrán a 48 jelű (1 inch hosszúságra eső lyukak száma 48), 0,0116 inch (0,295 mm) lyukbőségű Tyler-szítát mutatjuk be.



1.5.T57. ábra: Eredeti 48 jelű, 0,0116 inh (0,295 mm) lyukbőségű Tyler-szita

Valamely Tyler-féle szitaszövet lyukbősége a megelőző kisebb nyílású szita lyukbőségének a $\delta_{\text{Tyler}} = 1,1892071$ -od szorosa. Minthogy $\delta_{\text{Tyler}} \approx \sqrt[4]{2}$, következik, hogy a Tyler-féle szitaszövet rendszerben valamely szitaszövet lyukbősége a rendszer megelőző negyedik tagja lyukbőségének a kétszerese. Így például az egymást követő 0,147 mm, 0,175 mm, 0,208 mm, 0,247 mm, 0,295 mm nyílású szitaszövet-sorban a 0,295 (~0,3) mm lyukbőségű szita nyílása a megelőző negyedik 0,147 (~0,15) mm lyukbőségű szita nyílásának a kétszerese.

Bár *Abrams* óta (1918) az eredeti Tyler-féle szitanyílásokhoz (1910) képest a finomsági modulus számításához használt lyukbőségek módosultak, a duplázódó nyílású szitasort ma is sokszor Tyler-féle szitasorozatnak nevezzük.

²⁵⁶ *Washington S. Tyler* (1835, Ohio City – 1917, Cleveland) 1872-ben kezdett szitaszövetet gyártani az általa Clevelandban (Amerikai Egyesült Államok, Ohio állam) „Cleveland Wire Works” néven alapított üzemben. A nevét viselő Tyler-féle szabványos lyukbőségű szitaszövet sorozatot 1910-ben tudományos igénnyel fejlesztette ki, és azt az Amerikai Egyesült Államok és számos más ország nem sokára szabványosította. Ezt követően a szitasorozathoz elkészítette a kézi szítást utánozó, vízszintes forgómozgással és egyidejűleg függőleges kopogtatással osztályozó Tyler-féle laboratóriumi szitagépet.

²⁵⁷ 1 inch (USA) $\approx 25,4$ mm

Magyarországon a Tyler-féle szitasorozat tulajdonképpen az Abrams-féle finomsági modulus eszmei számítási eszköze volt, ugyanis a szitavizsgálatot az MNOSZ 934:1949, MNOSZ 934:1951, MSZ 4713:1955 szabványok érvényességi ideje alatt (1977-ig) nem a Tyler-féle, hanem időrendi sorrendben a MOSz 695:1942, MNOSZ 695:1951, MNOSZ 4941:1951, MSZ 695:1959, MSZ 695:1975 szabványok szerinti 0,1, 0,25, (0,5)²⁵⁸, 1,0 mm lyukbőségű huzalszövetekkel és 2,5, 5, 10, (15), 20, 30, (40), (60) mm lyukbőségű rostalemezekkel kellett végezni, amelyek a Tyler-féle szitasorozatnak általában nem, vagy csak esetlegesen tagjai.

Lásd még: Szitanyílások (lyukak) száma

Új jogi keret elve

A „új jogi keret” (New legal framework) fogalmát 2008-ban a 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat és az azt kiegészítő 765/2008/EK számú építési termék rendelet (CPR) vezette be, és ezzel felülvizsgálták, aktualizálták és megerősítették az „új megközelítés” elvét (Szegő 2009).

Az új jogi keret elvének bevezetésével mindenekelőtt a piacfelügyeleti mechanizmusokat erősítették meg, és biztosították, hogy a termékek forgalmazói a lakossági érdekeket messzemenően tiszteletben tartsák (Vass 2008, Szegő 2009).

Új megközelítés elve

Az „új megközelítés” elvét (New approach) 1985-ben vezették be az Európai Unióban a műszaki harmonizáció és a szabványok új megközelítéséről szóló 85/(C 136)/01 tanácsi állásfoglalással, annak érdekében, hogy felszámolják az áruk szabad mozgása előtt álló műszaki akadályokat. Az új megközelítés elve szerint – a régi megközelítés elvével szemben – az alapvető biztonsági, egészségvédelmi követelményeket jogszabályi szinten írják elő, a részletes követelményeket pedig a harmonizált európai szabványok tartalmazzák (Winkler 2005, Varga 2007, Szegő 2009). Például a 89/106/EGK tanácsi irányelv – amely a 305/2011/EU rendelet hatálybalépésével elvesztette hatályát – már az új megközelítés elvét követte. A 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat szerint az „új megközelítés” elvét a megfelelésértékelés során kell alkalmazni.

Az „új megközelítés” elve 1993-ban az Európai Közösségek Tanácsának 93/465/EGK számú határozatával és 93/68/EGK számú irányelvével a termékvizsgálat és tanúsítás rendszerének egységesítése érdekében bevezetett „globális megközelítés” elvével bővült.

Az „új megközelítés” elvét 2008-ban a 768/2008/EK határozat és a 765/2008/EK rendelet az „új jogi keret” fogalmának alkalmazásával megerősítette (Szegő 2009).

Újrafeldolgozás

Az „újrafeldolgozás” az Európai Parlament és a Tanács hulladékokkal és azok újrahasznosításával foglalkozó magyar nyelvű 2008/98/EK irányelv (direktíva) I. fejezet 4. cikk (1) bekezdése c) pontjában hasznosítási műveletként jegyzett fogalom, amelyre vonatkozóan feltételezik, hogy az újrafeldolgozás műveletét az újrahasznosítás művelete is követi.

A 2008/98/EK irányelv eredeti, angol nyelvű változatának I. fejezete 4. cikk (1) bekezdése c) pontjában a „recycling” kifejezést használják, amely az *Ország – Magyar*: Angol-magyar Nagyszótár szerint tulajdonképpen „újrahasznosításnak” is fordítható

Újrahasznosított adalékanyag

Angolul: Recycled aggregate

²⁵⁸ A zárójelben lévő sziták az MSZ 4713:1955 szabványban szerepeltek.

Németül: Rezyklierte Gesteinskörnung

Meg kellene nézni: DAfStb Heft 504, 505., 506, 507., 508.

Az „újrahasznosított adalékanyag” kifejezés az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványbeli „recycled aggregate” angol megnevezés magyar megfelelője az MSZ 4798:2016 szabványban. Tartalmilag azt fejezi ki, hogy építmények bontási hulladékából MSZ 4798:2016 szabvány szerinti betonadalékanyagként újrahasznosításra előkészített durva szemhalmaz.

Az MSZ EN 206:2013 európai szabványt követő, annak szövegét is tartalmazó MSZ 4798:2016 szabvány 3.1.2.16. szakaszában újrahasznosított adalékanyagnak az építmények túlnyomórészt beton vagy például habarcsos téglá anyagú bontási hulladékából nyert – töréssel, osztályozással és lehetőleg mosással betontechnológiai felhasználásra alkalmassá tett – adalékanyagot nevezik.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 3.1.2.14. – 3.1.2.16. szakasza szerinti visszanyert adalékanyagoknak és e fenti újrahasznosított adalékanyagoknak közös tulajdonsága, hogy a szemhalmaz szemei a természetes (például kavics, bazalt, andezit, mészkő, dolomit stb.) vagy mesterséges (például téglá) eredetű ásványi összetevőkön kívül kötőanyagot, például cementkővet, esetenként cementpépet stb. is tartalmaznak, tehát adalékanyagként újrahasznosítható szilárd, esetenként szilárduló betonszemek vagy például habarcsos téglaszemek, amely közös tulajdonság alapján ezeknek az adalékanyag-féleségeknek a csoportját (lásd az 1.5.U1. ábrát) összefoglaló néven szintén „újrahasznosított adalékanyag” hívjuk.

EN 206:2013+A1:2016 (E)

3.1.2.14

reclaimed washed aggregate

fr: granulats récupéré par lavage

de: wiedergewonnene gewaschene Gesteinskörnungen gained by washing fresh concrete

3.1.2.15

reclaimed crushed aggregate

fr: granulats récupéré par concassage

de: wiedergewonnene gebrochene Gesteinskörnungen gained by crushing hardened concrete

3.1.2.16

recycled aggregate

fr: gravillon recyclé

de: grobe rezyklierte Gesteinskörnung aggregate resulting from the processing of concrete

MSZ 4798:2016

3.1.2.14. visszanyert, mosott adalékanyag

Adalékanyag, amit a friss betonból mosás révén nyernek ki.

3.1.2.15. visszanyert, tört adalékanyag

Adalékanyag, amelyet építési folyamatban még felhasználhatnak.

MEGJEGYZÉS: A visszanyert tört adalékanyagot még be nem osztályozták.

3.1.2.16. újrahasznosított adalékanyag

Adalékanyag, amelyet építési folyamatban már felhasználhatnak.

1.5.U1. ábra: Az újrahasznosított adalékanyagok fogalomkörébe tartozó adalékanyag-féleségek szabványos megnevezése

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványnak a természetes és mesterséges eredetű kőanyag-halmazokon kívül csak a tulajdonképpeni újrahasznosított adalékanyagok képezik a tárgyát; ez a szabvány a visszanyert adalékanyag fogalmát nem ismeri, azok fajtái egyikének tulajdonságaival, követelményeivel, vizsgálati módszereivel stb. sem foglalkozik.

Lásd még: Down-Recycling; Talaj építési célú felhasználása; Visszanyert, mosott adalékanyag; Visszanyert, tört adalékanyag,

Újrahasznosított beton, újrahasznosított adalékanyagú beton

Újrahasznosított a beton, ha újrahasznosított adalékanyagot vagy az adalékanyag-mennyiségre vonatkoztatva több mint 5 tömegszázalék visszanyert adalékanyagot tartalmaz (MSZ

4798:2016). A BV-MI 01:2005 *fib* beton és vasbetonépítési műszaki irányelv szerint az újrahasznosított adalékanyagú beton adalékanyag céljára feldolgozott bontási, építési vagy építőanyag-gyártási szilárd hulladékot tartalmaz.

Beírni az MSZ EN szerinti fogalmak értelmezését is. 2021. májusában módosították (vagy módosítást szavaztatták meg) az MSZ EN 933-11:2020 szabványt.

Meg kellene nézni: DAfStb Heft 504, 505., 506., 507., 508.

Lásd még: Down-Recycling, Újrahasznosított adalékanyag, Visszanyert adalékanyag,

Újrakristályosító lágyítás

Lásd: Acélgyártás

Ultrahang terjedési sebessége

Meg kell írni

Lásd még: Építménybeton nyomószilárdsága

Ultra nagyszilárdságú beton

DAfStb Heft 561. meg van nekem

Ultra nagyszilárdságú a betont, ha tapasztalati jellemző értéke legalább mintegy 10%-kal nagyobb, mint a C100/115 nyomószilárdsági osztályú szokványos (közönséges, normál) beton vagy LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton vagy C100/115 nyomószilárdsági osztályú nehézbeton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke. Átlagos nyomószilárdsága általában legalább 150 N/mm², és elérheti a 250, esetleg 300 N/mm² értéket. Az ultra nagyszilárdságú beton tulajdonságaival az MSZ 4798:2016 szabvány nem foglalkozik.

A Model Code 2010 és Model Code 2020 a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú ultra nagyszilárdságú betont is ismeri.

Lásd még: Nanocement

Ultra nagy-teljesítőképességű beton

Az ultra nagy-teljesítőképességű beton a nagy-teljesítőképességű beton használati értékét is meghaladja. Ennek az igen különleges tulajdonságú betonnak a tulajdonságaival az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018 és MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány nem foglalkozik.

Lásd még: Nagy-teljesítőképességű beton

Uránszurokérc

Az uránszurokérc változó mennyiségű tóriumot, ritkaföldfémeket és ólmot tartalmazó urándioxid (UO₂). Minden uránszurokérc radioaktív. Az urán radioaktív bomlása során a geológiai kortól függően változó mennyiségben ólom (Pb) és hélium (He) keletkezik. Az uránszurokérc az urán kinyerésének legfontosabb érce. Hazánkban a Mecsek hegységben, permi homokkőben, másodlagos uránércdúsításként található. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Rádium

Úsztatott beton

Palotás, 3. kötet, 1980, 261. oldal

Utófeszített vasbeton

Az utófeszített vasbetonszerkezeti elemek esetén – szemben az előfeszítettet – a feszítő elemeket a beton szilárdulása után feszítik meg.

Lásd még: Feszített vasbeton

Utókezelési idő

Angolul: Curing time

Németül: Nachbehandlungdauer, Nachbehandlungszeit

Lásd ennek 22. oldalát: DAfStb Heft 622. (2016) Greve-Dierfeld, S. M. v.

Lásd a levelezést a Borosnyóival 2024. július 17-én.

és a Borosnyói-küldte prSIA 262:2024-04 előírást, ezt is mentettem a letöltött dolgozatok / Utókezelés mappába.

Lásd a Neville könyv 329. oldalán a table 7.1 táblázatot.

Ide alább be kellene írni az az idén vett szürke Merkblatt DBBV „Nachbehandlung von Beton” műszaki útmutatóból azt, ami fontos.

A beton zavartalan kötése és kezdeti szilárdulása érdekében a friss betont megfelelő hőmérsékleten (általában legalább +5 °C; nem tévesztendő össze a próbatestek tárolási hőmérsékletével), nyugalmi állapotban kiszáradástól védve, nedvesen kell tartani, amely folyamatot utókezelésnek nevezünk.

Az utókezelés legfontosabb építéshelyi módszerei a vízpermetezés (locsolás), vízzel való elárasztás, letakarás, párazárás. Az építéshelyen bedolgozott beton (monolitbeton) utókezelésének megkövetelt ideje a beton szilárdulási ütemének (sebességének) és környezeti osztályának a függvényében az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD Q3. táblázatában található (1.5.U1.. táblázat). és MSZ 4798/4M:2023

Mit nevezünk helyettesítő időtartamnak???

1.5.U1. táblázat: Az építéshelyen bedolgozott beton (monolitbeton) utókezelésének megkövetelt helyettesítő időtartama (t) a beton szilárdulási ütemének (sebességének) és környezeti osztályának függvényében az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD Q3. táblázata szerint

A beton szilárdulási üteme (sebessége)	Gyors	Közepes	Lassú	Nagyon lassú
A szilárdulási ütem: a beton 2 és 28 napos, MSZ 4798:2016 szerinti átlagos nyomószilárdságának hányadosa: $f_{cm,2}/f_{cm,28}$	$\geq 0,5$	$0,3 \leq \text{és} < 0,5$	$0,15 \leq \text{és} < 0,3$	$< 0,15$
Környezeti osztály	Utókezelés megkövetelt helyettesítő időtartama, t , nap			
XN(H), X0v(H), X0b(H)	0,5	0,5	1	2
XC1, XC2, XC3, XF1, XV1(H), XA1, XA4(H), XK1(H), XV1(H)/V0	2	3	4	7
Összes többi környezeti osztály	3	7	10	14

Megjegyzések:

- 1) A táblázatban található megkövetelt helyettesítő időtartamokat akkor kell alkalmazni, ha a napi közepes levegőhőmérséklet nagyobb, mint +12 °C ($t_{ekv} = 1,0$). Azokat a napokat, amelyeken a napi közepes levegőhőmérséklet +5 °C és +12 °C közé esik $t_{ekv} = 0,7$ időegyenértékkel, azokat pedig, amelyeken a napi közepes levegőhőmérséklet 0 °C és +5 °C közé esik $t_{ekv} = 0,3$ időegyenértékkel kell számításba venni.
- 2) A ténylegesen szükséges utókezelési napok száma (u) a következő összefüggésből határozható meg:

$$\sum_{n=1}^u t_{ekv} \geq t$$

ahol t_{ekv} az n -edik utókezelési naphoz tartozó idő-egyenérték és t a táblázatbeli helyettesítő időtartam, mindkettő napban kifejezve.

- 3) Az utókezelést addig az u napig kell folytatni, amelyiken a fenti követelmény már teljesül.
- 4) Nagyszilárdságú betonok ($\geq C55/67$, a Model Code 2010 és Model Code 2020 szerint $\geq C50/60$) esetén az utókezelés ideje mindig 10 nap.

Ide lenne való a prSIA 262:2024-04 Tabelle 24 táblázat

Az MSZ EN 13369:2024 szabvány az előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek utókezelési idejét a beton nyomószilárdság vizsgálati próbatestjeinek szilárdságától teszi függővé a következők szerint:

A beton szilárdulási foka (fokozata) az előregyártott beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemek MSZ EN 13369:2024 szabványának 2. táblázata szerint a beton nyomószilárdsági osztályának és környezeti osztályának függvényében :

$$D_d^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,cure}}{f_{ck}}$$

ahol:

$f_{c,cure}$ = a beton próbahenger vagy próbakocka elérendő, azaz legkisebb átlagos nyomószilárdsága az előregyártott elem utókezelésének, illetve nedvességveszteségtől való óvásának végén

f_{ck} = a beton jellemző értéke (karakterisztikus értéke), amelyet MSZ EN 13369:2024 szabvány alkalmazási területével foglalkozó 1. fejezete értelmében az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti *Taerwe*-féle alulmaradási tényezővel számítanak ki.

Más szóval: Az előregyártott elemet addig kell utókezelni, illetve a nedvességveszteségtől védeni, amíg a vele azonos minőségű próbatest nyomószilárdsága a nyomószilárdság jellemző értékének $D_d^{\%}$ százalékos értékét el nem éri:

$$f_{c,cure} = \frac{D_d^{\%}}{100} \times f_{ck}$$

Az MSZ EN 13369:2024 szabvány 4.2.1.3. szakasza szerint, ha a beton tervezési élettartama több, mint 50 év vagy ha a környezeti feltételek különlegesek, akkor – a szabvány alkalmazási helyén érvényes követelményektől függően – más értékek is megadhatók.

A *Taerwe*-féle alulmaradási tényezőhöz az átvételi biztonság kárára nagyobb A(5%) elfogadási valószínűség (~70%) tartozik, mint amekkora az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 méretezési szabvány és az MSZ 4798:2016 betonszabvány P melléklete szerint a *Student*-féle alulmaradási tényezővel számolva alapján megengedhető (lényegét tekintve: ~50%).

Ezért MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány közötti ellentmondás feloldásaként indokolt az előregyártott elemek szilárdulási fokát nem a nyomószilárdság jellemző értékének (f_{ck}) százalékában ($D_d^{\%}$), hanem a 28 napos beton átlagos nyomószilárdságának (f_{cm}) százalékában a módosított szilárdulási fokkal ($D_{d,mód}^{\%}$) kifejezni,

azzal a feltétellel, hogy végig víz alatt tárolt próbahenger esetén $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8,0 \text{ N/mm}^2$ (MSZ EN 1992-1-1:2010):

$$D_{d,mód}^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,cure,cyl}}{f_{cm,cyl}}$$

és vegyesen tárolt próbakocka esetén (MSZ 4798:2016):

$$D_{d,mód}^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,cure,cube,H}}{f_{cm,cube,H}}$$

azzal a feltétellel, hogy

- C20/25 és C50/60 nyomószilárdsági osztály között:

$$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,75 = (f_{ck,cyl} + 8,0)/0,75$$

- C55/67 és C100/115 nyomószilárdsági osztály között:

$$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,77 = (f_{ck,cyl} + 8,0)/0,77$$

A $D_{d,mód}^{\%}$ módosított szilárdulási fok előírt értéke egyezzen meg a $D_d^{\%}$ szilárdulási fok előírt értékével, amely az MSZ EN 13369:2024 szabvány szerint az XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XF1 és XS1 környezeti osztályban 35%, a többi környezeti osztályban pedig, ahol meghatározó (releváns), a nyomószilárdsági osztálytól függően vagy 35% vagy 60%.

Az MSZ EN 13670:2010 szabvány 4. táblázata szerint a betonszerkezeteket a kivitelezés során utókezelési osztályba kell sorolni.

A régi MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 5. fejezetének 5.9.1. szakasza szólt a szerkezetbe beépített transzportbeton utókezeléséről. A műszaki előírásban pontosabb adatok (például a beton hidratációjának mértéke az adott környezeti hatások mellett) hiányában az 1.11. táblázatbeli **EBBŐL 1.10. TÁBLÁZAT LESZ** utókezelési idők alkalmazását javasolták.

1.11. táblázat: A megengedett legrövidebb utókezelési időtartamok a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 5. fejezetének 5.5. táblázata szerint

A beton szilárdulása	Gyors			Közepes			Lassú		
Környezeti feltételek az utókezelés alatt	Környezeti hőmérséklet, legalább °C								
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Utókezelés időtartama	nap								
Közvetlen napsugárzás és szél nincs, a relatív páratartalom legalább 80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Közepes napsugárzás vagy közepes szélsébség vagy legalább 50% relatív páratartalom	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Erős napsugárzás vagy nagy szélsébség vagy 50%-nál kevesebb relatív páratartalom	4	3	2	8	6	5	10	8	5
Gyors a beton szilárdulása, ha a víz-cement tényező $x < 0,5$ és a cement osztály: 42,5 R, 52,5									
Közepes a beton szilárdulása, ha a víz-cement tényező $0,5 < x < 0,6$ és a cement osztály: 42,5 R, 52,5; ha a víz-cement tényező $x < 0,5$ és a cement osztály: 32,5, 42,5;									
Lassú a beton szilárdulása minden más esetben									

Az utókezelés módjaival a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírásban szintén az 5. fejezet

5.9.1. szakaszában foglalkoztak.

Az út- és hídépítési betonok párazáró anyagainak minőségi követelményeit és vizsgálati módszereit a visszavont MSZ-07-3231:1990 közlekedési ágazati szabványban tárgyalták, illetve az e-UT 09.01.31:1990 útügyi műszaki előírásban tárgyalják.

A vizsgálati próbatestek utókezelését a próbatestek tárolásának is szokták nevezni, A próbatestek utókezelésére (tárolására) vonatkozó előírások eltérnek az építéshelyi vagy előregyártóüzemi betonutókezelés fenti szabályaitól (lásd e könyv „Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásos módszerrel” c. fejezetét)

Utólagos feszítés

Utólagos feszítésen a feszített vasbetonszerkezetek tapadásmentes feszítő pászmái és kábelei ernyedés folytán csökkent feszítőerejének utólagos növelését értjük.

Az „utólagos feszítés” nem tévesztendő össze az „utófeszítéssel”.

Lásd még: Feszített vasbeton, Utófeszített vasbeton, Ernyedés

Üllő a Schmidt-kalapácshoz

Angolul: Anvil to the rebound hammer

Németül: Amboss zum Rückprallhammer

A *Schmidt*-kalapács kalibráló üllő a *Schmidt*-kalapács rendetésszerű működésének ellenőrzésére való eszköz. A kalibráló üllőnek több változata ismeretes. Az 52 HRC *Rockwell*-keménységű (MSZ EN ISO 6508-1:2016) acélmagos üllő 1996 óta szabványos, amiből arra következtetünk, hogy a hazánkban is használatos kisebb, 28 HRC keménységű üllőtípust valószínűleg 1996 előtt gyártották (1.5.Ül. ábra).

A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes beton-nyomószilárdság vizsgálattal hazánkban először a 2004. szeptember 1-jén visszavont MSZ 4715-5:1972 vizsgálati szabványban, Németországban pedig először a DIN 4240:1972 szabványban, majd a DIN 1048-2:1991 foglalkoztak. Ezekben a szabványokban a kalibráló üllőre vonatkozó adat még nem szerepelt.

Az ASTM C 805:1975 T előszabványban és a négy évvel később véglegesített ASTM C 805:1979 szabványban sem találhatók még adatok a kalibráló üllőre, de szerepel benne, hogy a visszapattanásmérő-kalapácsok rendszeres ellenőrzéséhez fém üllők állnak rendelkezésre; azonban az üllőn való ellenőrzés nem biztosítja, hogy a különböző kalapácsok (different hammers) a skála más pontjain ugyanazt az eredményt (same results) adják. Ezért egyes felhasználók a betonfelület vizsgálatára több kalapácsot használnak.

A közel két évtized múltán kiadott ASTM C 805:1997 szabványban már szerepel, hogy a kalibráló üllő mintegy 150 mm (6 hüvelyk) átmérőjű és 150 mm (6 hüvelyk) magas szerszámacél henger, amelyben az acélmag keménysége „*Brinell* 500” (500 HB), illetve „*Rockwell* 52 C” (52 HRC). A visszapattanásmérő-kalapácsokat félévenként, és mindig, ha a megfelelő működésük kérdéses, az üllőn ellenőrizni kell. Az üllőn való ellenőrzés nem biztosítja, hogy a kalapács (the hammer) a skála más pontjain mindig ugyanazt az eredményt (repeatable data) adja. Ezért egyes felhasználók a beton- és kőfelület vizsgálatára több kalapácsot használnak.

Ilyen „*Brinell* 500” keménységű kalibráló üllővel az 1970-es évek második felében a BME Építőanyagok Tanszék már rendelkezett; könyvének 83. oldalán dr. Borján József tanár úr írta, hogy a *Schmidt*-kalapácsot kalibráló etalon „egy 16 kg tömegű üllő, amelyen 5000 MN/m² *Brinell*-keménységű (azaz 52 HRC *Rockwell*-keménységű) acéllap van” (Borján, 1981).

A fenn említett MSZ 4715-5:1972 nemzeti szabványt felváltó MSZ EN 12504-2:2001 és mai változata, az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerint a *Schmidt*-kalapács megfelelő működését a betonfelület vizsgálati sorozat előtt és után a szóban forgó 52 HRC *Rockwell*-keménységű, (16 ± 1) kg tömegű, mintegy 150 mm méretű úgy nevezett referenciaüllőn („nagy”, Euro-üllőn;

lásd az 1.5.Ü1. ábra jobb oldalát) 5-5 ütéssel kell ellenőrizni.

Az MSZ EN 12504-2:2001 szabvány európai előzménye az N-típusú *Schmidt*-kalapáccsal végzett roncsolásmentes betonvizsgálattal foglalkozó prEN 12398:1996 szabványtervezet volt, amelyet például Németországban tervezettként (E DIN EN 12398:1996) és Ausztriában elfogadott szabványként (ÖNORM EN 12398:1996) bevezettek. A prEN 12398:1996 szabványtervezetben az eszközök között szerepel a legalább 52 HRC *Rockwell*-keménységű, (16 ± 1) kg tömegű, mintegy 150 mm méretű kalibráló üllő (Kalibrieramboß, Referenzamboss). A szabványtervezetben megjegyezték, hogy az üllővel végzett kalibrálás nem zárja ki annak lehetőségét, hogy egyes, a visszapattanási skála más pontjaira mutató kalapácsok ugyanazt az eredményt adják. A betonfelületen végzett mérésorozat előtt az acél-referenciaüllővel ellenőrizni kell, hogy a visszapattanási értékek a műszergyártó által javasolt tartományon belül vannak-e. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor a kalapácsot meg kell tisztítani és/vagy be kell állítani. A vizsgálat befejezése után a *Schmidt*-kalapácsot az acélüllőn újból ellenőrizni kell, és a visszapattanási értékeket össze kell hasonlítani a vizsgálat megkezdése előtt mért értékekkel. Ha az eredmények eltérnek, akkor a kalapácsot meg kell tisztítani és/vagy be kell állítani, és a vizsgálatot meg kell ismételni.

A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálatokra vonatkozó európai szabványtervezet megjelenése előtt tizenöt évvel kiadott könyvében *Borján József* írta, hogy ha a visszapattanási érték a kalibráló üllőn való ellenőrzés során a gyártó által megadott kalibrálási érték alsó tűréshatára (N-típusú *Schmidt*-kalapács esetén például: $R_N = 81 - 2 = 79$; lásd az 1.5.Ü1. ábrát) alá esik, akkor a *Schmidt*-kalapácsot mérőhelyzetbe hozva szét kell szedni és meg kell tisztítani. Mérőhelyzetben az ütőrugó és a felhúzórugó is tehermentes. Ha ezt a műveletet elmulasztva lecsavarjuk a zárófedeleket, akkor a felhúzórugó balesetet okozhat. A szakszerűen megtisztított, összeszerelt és az üllőn ellenőrzött műszer rendeltetésszerűen kell működjön. (*Borján*, 1981)

A *Schmidt*-kalapács az üllőn akkor is mutathat a kalibrálási értéknél kisebb visszapattanási értéket, ha a hosszú használat folytán az ütőrugó megnyúlt. Ezt a hibát a kalibrálócsavar beljebbsavarásával javítjuk. Villás kulccsal az ellenanyát meglazítjuk, kicsavarjuk, és a kalibráló csavart a szükséges mértékben beljebb csavarjuk. Ezután az ellenanyát ismét meghúzzuk. Ha ezzel a módszerrel a műszer nem hozható kalibrált állapotba, akkor a kalibráló csavart kissé kifelé csavarjuk, az ütőrugó végét pedig az ütőrugó-rögzítő elemébe helyezzük át. Az ütőrugó-rögzítő elembe több furat van, amibe a rugó elhajlított vége illeszkedik. A rugó végét 2-3 furattal áthelyezve a rugó szabad hosszát megrövidítjük, miáltal a rugófeszítés mértéke megváltozik. (*Borján*, 1981)

Kalibrálni csak a *Schmidt*-kalapácsot lehet és kell. A használatban lévő üllő nem kalibrálható vagy hitelesíthető, más szóval az üllő acélmagjának a használatból megváltozott keménysége nem ellenőrizhető, mert a keménységmérő berendezés nyomóteste nyomot hagy a vizsgált anyagon, és emiatt a keménység-ellenőrzéssel tönkre tennék magát az üllőt, amelyről csak azt tudnánk meg, hogy milyen volt a keménysége, hiszen egyúttal le is kellene selejtezni. Ezért a kalibráló üllőt általában 5000-8000 ütésnél többször nem ajánlott használni, de az üllőmag az üllő további használata céljából csiszolható és polírozható, miközben az üllőmag eredeti keménységét meg kell őrizni. (<https://m.tflowmeter.com/rebound-hammer/schmidt-hammer/steel-anvil-calibration-test-anvil-for.html>), (<https://www.langryndt.com/testing-anvil/anvil-testing.html>)

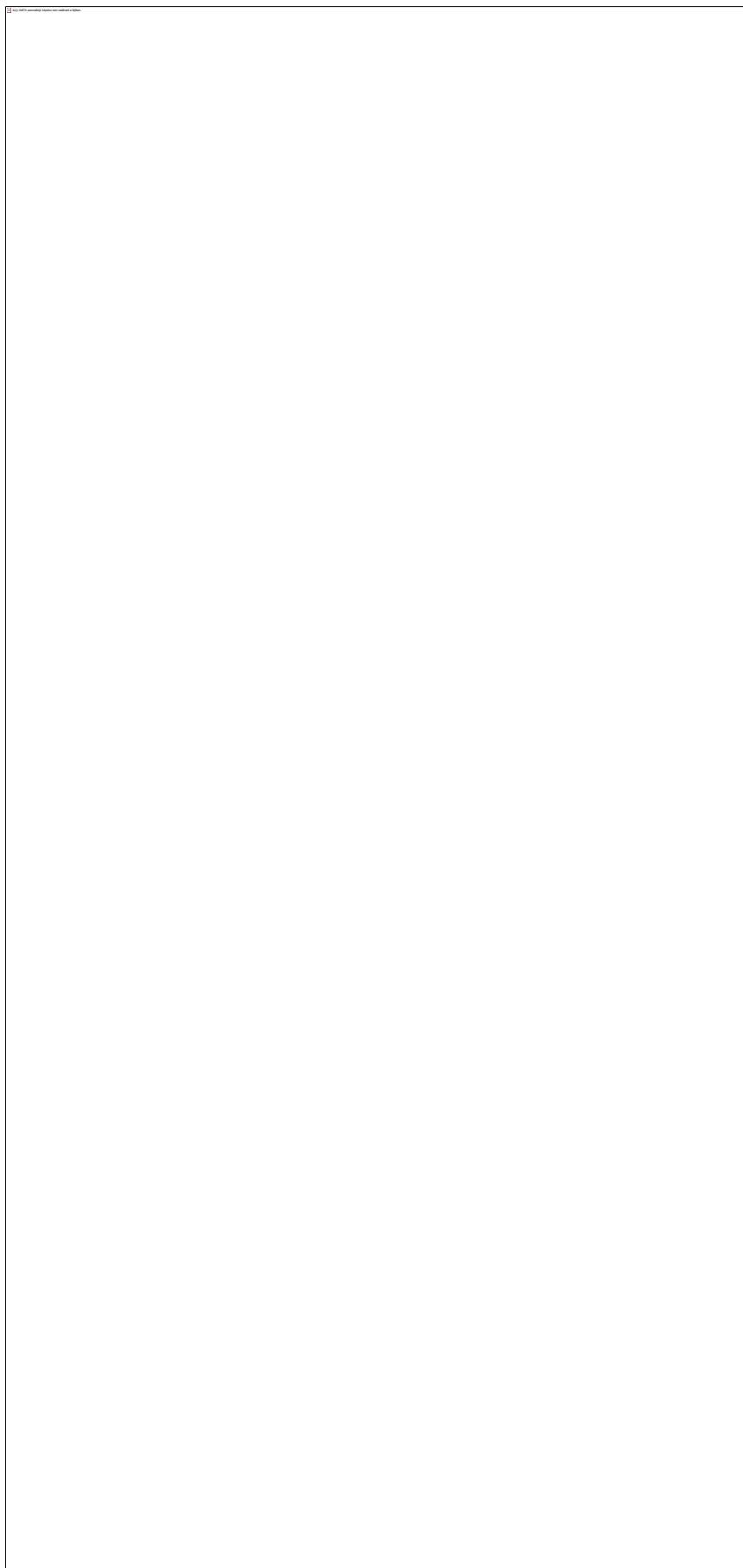
Az MSZ EN 12504-2:2001 szabványt az MSZ EN 12504-2:2013, majd a napjainkban érvényes MSZ EN 12504-2:2021 szabvány váltotta fel, amelynek alkalmazási területe a visszapattanási érték meghatározása a „rugós acélkalapács (*Schmidt*-kalapács)” használatával. Az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány az előző kiadáshoz (MSZ EN 12504-2:2013) képest annyiban más, hogy a visszapattanási értékekre a korábbinál kisebb tűréseket szab meg és a helyszíni vizsgálathoz alkalmazott egy vagy több *Schmidt*-kalapács kalibrálásához két különböző üllő alkalmazását ajánlja.

Véleményünk szerint, ha az eredetileg *Schmidt* által tervezett N-típusú és L-típusú rugós acélkalapáccsal a helyszínen mért visszapattanási érték (R) nagyobb, mint a kalapácsához tartozó értékelő függvény („gyártói utasítás”, szilárdság-számító görbe, diagram) értelmezési tartományának („normál működési tartományának”, N-típusú *Schmidt*-kalapács esetén például: $20 < R < 55$; lásd az 1.5.Ü3. ábrát) felső értéke (N-típusú *Schmidt*-kalapács esetén például: $R_N = 81 + 2 = 83$; lásd az 1.5.Ü1. ábrát), akkor a mért visszapattanási érték a vizsgálati eredmény értékelésébe nem vonható be és semmis. Az ilyen semmis visszapattanási értéknek a vizsgálati eredményben való figyelmen kívül hagyásához második üllő alkalmazására nincs szükség. Az eredetileg *Schmidt* által tervezett N-típusú kalapács nagyszilárdságú beton ($C55/67 - C100/115$, $f_{ck,cyl} \geq 55 \text{ N/mm}^2$, $f_{cm,cyl} \geq 63 \text{ N/mm}^2$), az L-típusú kalapács nagyszilárdságú könnyűbeton ($LC55/60 - LC80/88$, $f_{ck,cyl} \geq 55 \text{ N/mm}^2$) vizsgálatára nem alkalmas.

Megjegyezzük, hogy a Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerint a nagyszilárdságú beton (HSC) jellemző értéke $f_{ck,cyl} > 50 \text{ N/mm}^2$, átlagértéke $f_{cm,cyl} > 58 \text{ N/mm}^2$, tehát már a C50/60 nyomószilárdsági osztályú beton is nagyszilárdságúnak számít, és ismeri a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont is.

Ha a *Schmidt*-kalapács mutatója a kalibráló üllőn való ellenőrzés során a gyártó által megadott kalibrálási érték felső tűréshatára (N-típusú *Schmidt*-kalapács esetén például: $R_N = 81 + 2 = 83$; lásd az 1.5.Ü1. ábrát) fölé ugrik, akkor a műszer meghibásodott, és javításra szorul.

Napjainkban nem csak 28 HRC *Rockwell*-keménységű régi és 52 HRC *Rockwell*-keménységű újabb kalibráló üllők (1.5.Ü1. ábra) használatosak, hanem 60 HRC *Rockwell*-keménységű kalibráló üllők (1.5.Ü2. ábra) is vásárolhatók, amelyek között helyszíni vizsgálatához gyártott könnyebb, egyben kisebb kalibrálási visszapattanási értékű (N-típusú *Schmidt*-kalapács esetén: $R_N = 60 \pm 2$, illetve $R_N = 40 \pm 2$) üllők is vannak.



Felhasznált irodalom: http://www.korteszt.hu/wp-content/uploads/2015/07/SCHMIDT-Info-AnvilENStandard-D-E_200309.pdf

1.5.Ü1. ábra:

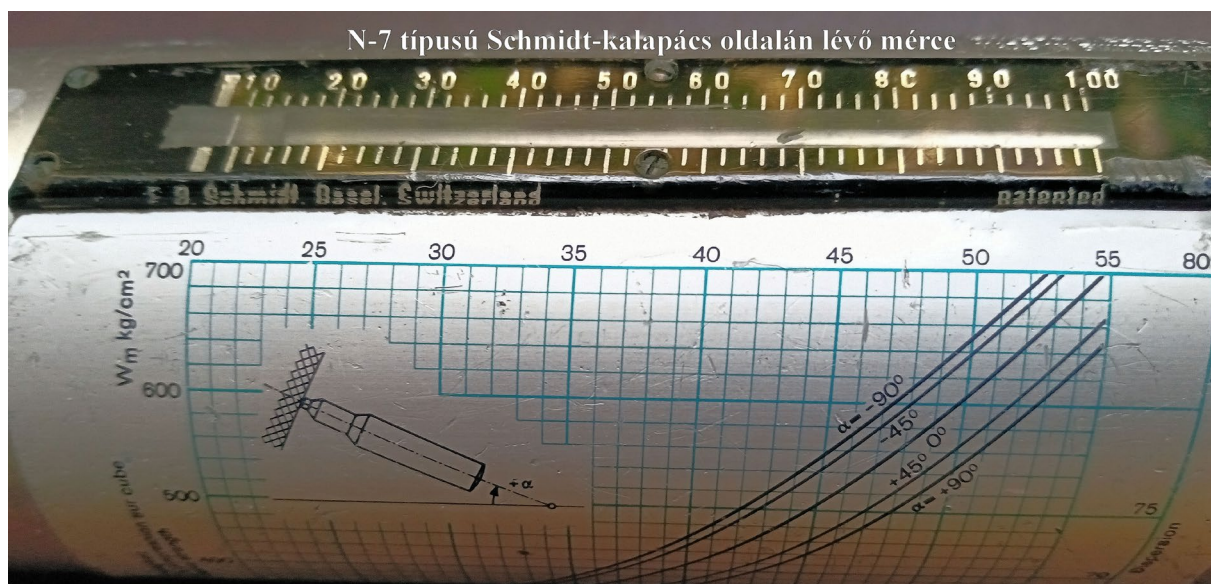
PROCEQ típusú
Schmidt-
kalapács üllők

N-típusú és
L-típusú
Schmidt-
kalapácshoz.

Az MSZ EN
12504-2:2021
szabvány szerint
a HRC 52
magkeménységű,
 16 ± 1 kg
tömegű, mintegy
 $\varnothing 150$ mm külső
átmérőjű üllő
a szabványos

				
Típus	GZ I-80	GZ II-80*	GZ III-60	GZ IV-40
Gyártó	LANGRY Detection Technology Co., Ltd. Kína, Jinan (Csinan), Shandong (Santung) tartomány https://www.langryndt.com/testing-anvil/anvil-testing.html			
Üllőmag keménysége	HRC 60 ± 2	HRC $60 \pm 2, 60 \pm 3$	HRC 60 ± 2	HRC 60 ± 2
Belső méret, mm	nincs adat	$\varnothing 50 \times 205$	$\varnothing 50 \times 166$	$\varnothing 50 \times 78,5$
Külső méret, mm	$\varnothing 160$	$\varnothing 160$	nincs adat	nincs adat
Tömeg, kg	20	16	2,4	1,05
Kalibrálási visszapattanási érték N-típusú <i>Schmidt</i> - kalapács esetén	$R_N = 80 \pm 2$	$R_N = 80 \pm 2$	$R_N = 60 \pm 2$	$R_N = 40 \pm 2$
* Megjegyzés: GZ II típusú üllőt például a CGOLDENWALL Company (Trademark of Feng, Zhen) társaság is gyárt (https://www.amazon.com/CGOLDENWALL-Schmidt-hammer-Concrete-Rebound/dp/B07Y5B963N)				

1.5.Ü2. ábra: N-típusú és L-típusú *Schmidt*-kalapácshoz való HRC 60 ± 2 magkeménységű üllők



1.5.Ü3. ábra: N-típusú *Schmidt*-kalapács normál működési tartománya ($20 < R < 55$).

Az 1.5.Ü3. ábrán azt látjuk, hogy:

- A diagram értékkészlete a függőleges tengelyen $W_m = 700 \text{ kg/cm}^2$ értékig terjed ($W = \text{Würfel} = 200 \text{ mm}$ élhosszúságú kocka, $m = \text{mittlerer Wert} = \text{átlagérték}$), amely $f_{cm, \text{cube}, 200, H} = 68,7 \text{ N/mm}^2$, illetve $f_{cm, \text{cyl}, \varnothing 150} = 55,6 \text{ N/mm}^2$, azaz $f_{ck, \text{cyl}} = 47,6 \text{ N/mm}^2$ értéknek felel meg.

- Újabban vannak olyan diagramok, amelyek értékkészlete $f_{cm,cube,150} = 70 \text{ N/mm}^2$ értékig terjed. Az $f_{cm,cube,150} = 70 \text{ N/mm}^2$ érték $f_{cm,cyl,\emptyset 150} = 56,7 \text{ N/mm}^2$, azaz $f_{ck,cyl} = 48,7 \text{ N/mm}^2$ értéknek felel meg. A kétféle $f_{ck,cyl}$ átlaga $48,15 \approx 48 \text{ N/mm}^2$.
- Ezekhez az $f_{ck,cyl}$ értékekhez C40/50 nyomószilárdsági osztályú beton tartozik. A szokványos (normál) beton nyomószilárdságának felső határa, illetve a nagyszilárdságú beton nyomószilárdságának alsó határa az MSZ 4798:2016 szabvány szerint $f_{ck,cyl} = 55 \text{ N/mm}^2$, illetve **a Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerinti $f_{ck,cyl} = 50 \text{ N/mm}^2$** , tehát **a diagram értékkészletének felső határa ($f_{ck,cyl} \approx 48 \text{ N/mm}^2$) a szokványos (normál) beton felső határát ($f_{ck,cyl} = 55 \text{ N/mm}^2$, illetve **$f_{ck,cyl} = 50 \text{ N/mm}^2$**) nem éri el.**
Ezért mondjuk, hogy az eredetileg *Schmidt* által tervezett N-típusú kalapács nagyszilárdságú beton (az MSZ 4798:2016 szabvány szerint: C55/67 – C100/115, $f_{ck,cyl} \geq 55 \text{ N/mm}^2$, $f_{cm,cyl} \geq 63 \text{ N/mm}^2$, illetve **a Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerint: C50 – C120, $f_{ck,cyl} > 50 \text{ N/mm}^2$, $f_{cm,cyl} > 58 \text{ N/mm}^2$**) vizsgálatára nem alkalmas.
(https://www.alfatech.eu/katalogi/proceq/Proceq_Schmidt.pdf, 2006),
(<http://www.micro-pile.com/schmidt-hammer-20161122/>)

Említésre méltó, hogy az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerint a visszapattanási értéket egy vizsgálati helyen alkalmazott kilenc „ütés” mediánjaként kell kifejezni. A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes betonvizsgálat eredményét 1996-ig (például az DIN 4240-2:1991 szabvány visszavonásáig), illetve 2004-ig (például az MSZ 4715-5:1972 szabvány visszavonásáig) a mért visszapattanási értékek átlagával kellett, 1996. évet követően pedig (például az EN 12504-2:2001 szabvány elődjét jelentő prEN 123398:1996, E DIN EN 12398:1996, ÖNORM EN 12398:1996, MSZ EN 12504-2:2001, MSZ EN 13791:2007 stb. szabvány bevezetése óta) a mért visszapattanási értékek mediánjával kell megadni.

Ha a mért visszapattanási értékek valószínűségi eloszlása jobbra ferde (jobbra elnyúló), akkor a mediánnal való megadás, ha a mért visszapattanási értékek valószínűségi eloszlása balra ferde (balra elnyúló), akkor az átlaggal való megadás szolgálja a biztonság javát, mert jobbra ferde eloszlás esetén a medián kisebb, mint az átlag, és balra ferde eloszlás esetén az átlag kisebb, mint a medián. A szerkezeten a helyszínen mért visszapattanási értékek eloszlásának ferdesége nem feltétlenül egyezik a szerkezeti beton nyomószilárdsága, még kevésbé a 28 napos korú beton szabványos nyomószilárdsága eloszlásának ferdeségével.

Lásd még: Keménység, Proceq, Schmidt-kalapács

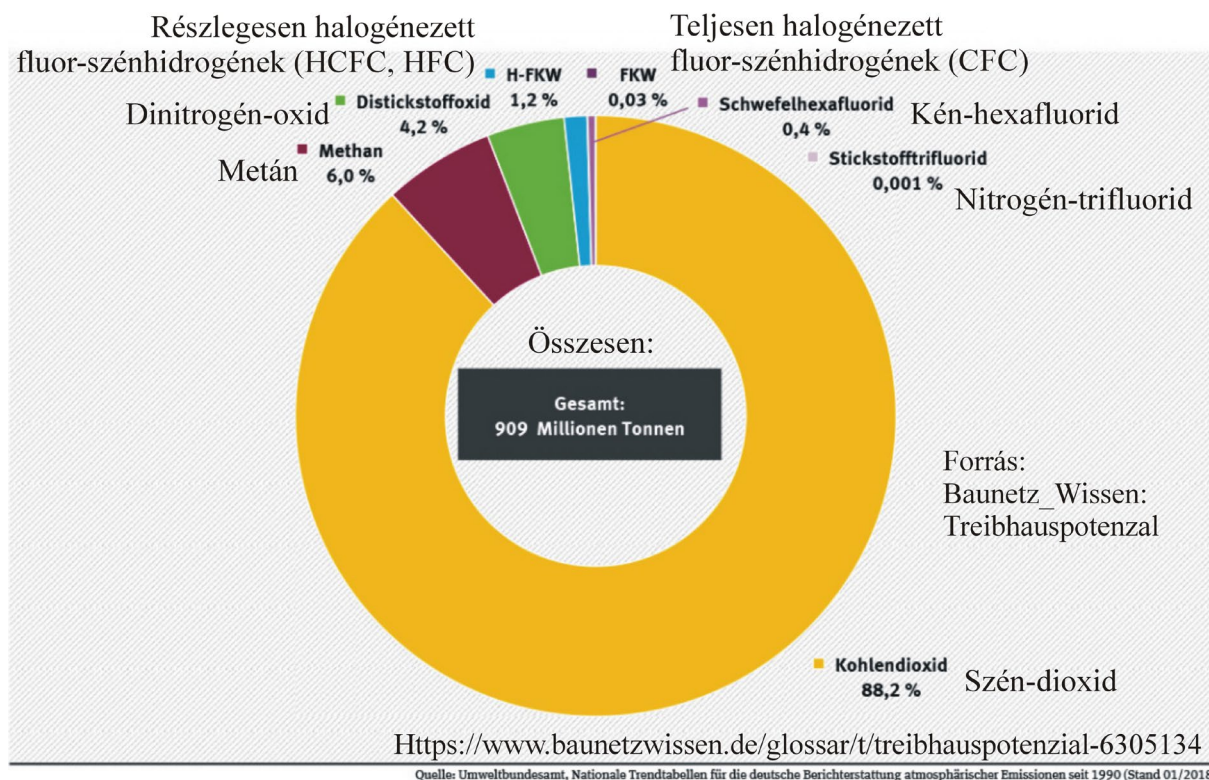
Üvegház-potenciál

Angolul: Global Warming Potential, németül: Treibhauspotenzial

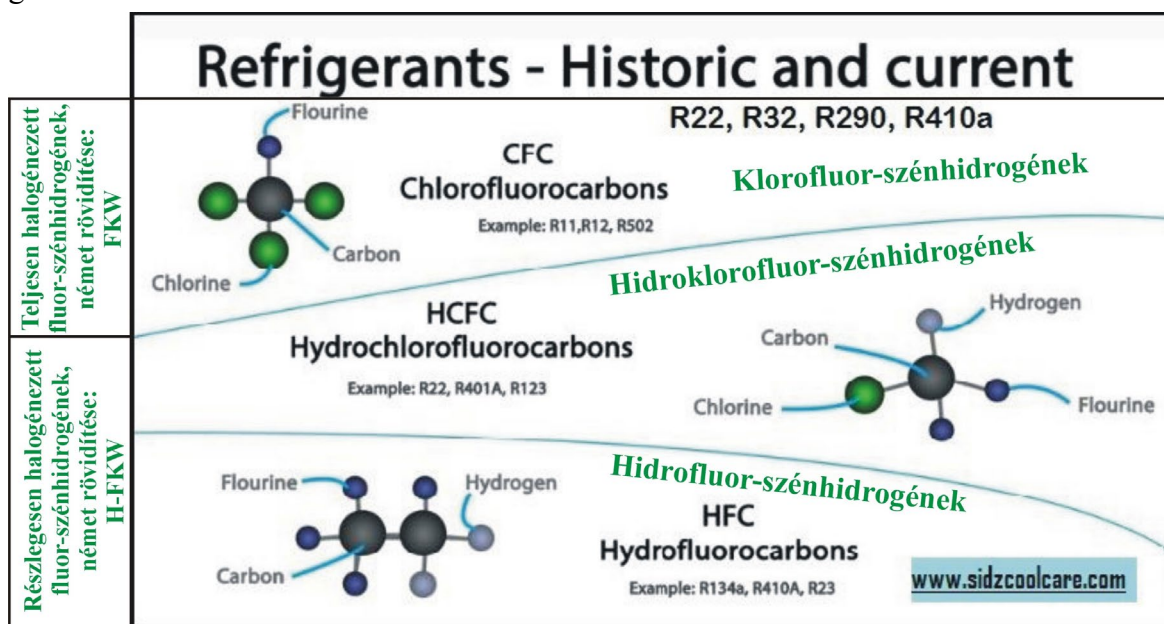
Az üvegház-potenciál az üvegházhatású gáz globális felmelegedéshez hozzájárulásának mértékét az azonos mennyiségű szén-dioxid (CO_2) száz évi üvegházhatásához viszonyító mérőszám. Az üvegház-potenciált ezért szén-dioxid-egyenértéknek is nevezik.

Értékét az üvegházhatású gázok által a légkörben elnyelt hőmennyiség alapján számítják ki. A számítás elvégzéséhez a Magyar Mérnöki Kamara útmutatót adott ki (*Gergely et al.*, 2019).

Az 1.5.Ü4. ábrán az üvegházhatású gázok 2016. évi gázkibocsátási részesedése látható. A részarányt a szén-dioxid-egyenérték alapján számították ki. Az 1.5.Ü5. ábra az 1.5.Ü4. ábrán szereplő FKW és H-FKW jelű fluor-szénhidrogén hűtőközegek csoportosításának magyarázatát adja. A csoportosítás azon alapszik, hogy a fluor-szénhidrogénben található-e hidrogénatom (H-FKW), vagy azok mindegyikének helyét halogénelem atomja foglalja el (FKW).



1.5.Ü4. ábra: Az üvegházhatású gázok szén-dioxid-egyenérték alapján számított részesedése a gázkibocsátásban 2016-ban



1.5.Ü5. ábra: A fluor-szénhidrogén hűtőközegek csoportosításának magyarázata

Az üvegház-potenciál mértékegysége: kg CO₂-equ/m³; jele: GWP

Lásd még: Öko-beton

Üvegszál-erősítésű beton

Angolul: GFRC = Glass Fiber Reinforced Concrete (GFRC)

Ajánlott olvasmány: <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>

Lásd még: Szálerősítésű beton

Meg kell írni

Üvegszál-erősítésű műanyag

Lásd: Üvegszáltextil

Üvegszáltextil

Angolul:

Németül:

Értsd rajta a műanyagbevonattal védett üvegszáltextilt.

Meg kell írni A BETON-KALENDER 2017. 1. KÖTET 389. OLDALÁTÓL

Lásd még: Szintetikus erősítőszálak, Textil

Üvegszáltextilbeton, üvegszövetbeton

Ide be lehetne írni, ami a *Springenschmid* (2007) könyv 243. oldalán olvasható.

Lásd még: Szénszáltextilbeton, Textilbeton

Valószínűségi háló, valószínűségi papír

A matematikai statisztika paramétereinek becslésének grafikus meghatározására szolgáló valószínűségi háló egy olyan derékszögű hálózat, amelynek egyik vagy mind a két tengelyén a beosztást (léptéket) úgy választották meg, hogy valamely adott eloszlásfüggvény grafikonja a hálózaton ábrázolva egyenes (visszavont MSZ 18955:1985 szabvány). Ha valamely valószínűségi hálón ábrázolt grafikon egyenes, vagy közelítőleg egyenes, akkor feltételezhető, hogy a valószínűségi eloszlás a feltétel szerinti (*Farkas M. szerk., 1979*)

A leggyakrabban használt valószínűségi háló a *Gauss*-papír, amelyen a normális-eloszlás grafikonja egyenes.

A matematikai statisztikai adatfeldolgozás valószínűségi hálóinak szerkesztéséről (normális-, lognormális-, exponenciális- és *Weibull*-eloszláshoz) a visszavont MSZ 18955:1985 szabványban lehet olvasni.

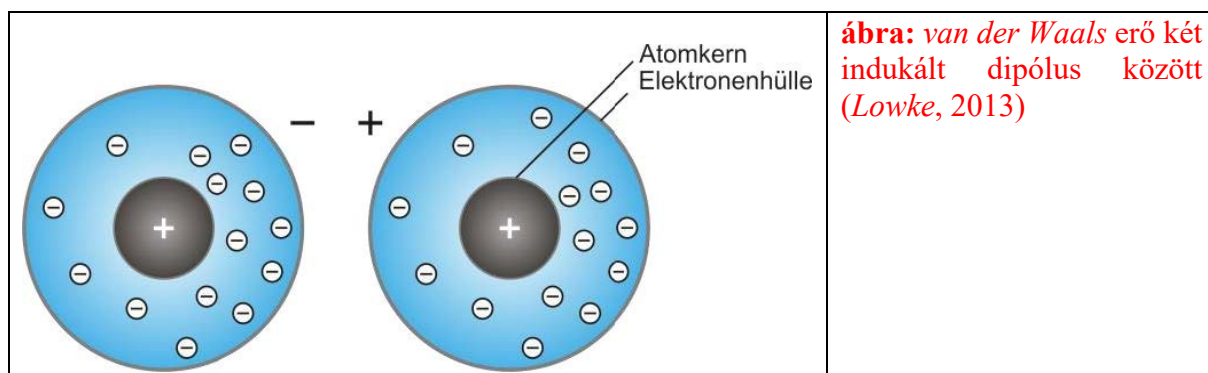
Lásd még: Matematikai statisztika, Normális-eloszlás, Logaritmikus normális-eloszlás, Exponenciális-eloszlás, *Weibull*-eloszlás, OC-görbe

Valószínűségi változó

A független változó elnevezése a matematikai statisztikában. Jele: ξ vagy x

van der Waals erők

Meg kell írni a pdf-ben letöltött *Lowke* disszertáció 33. oldalán kezdődő fejezete alapján



ábra: *van der Waals* erő két indukált dipólus között (Lowke, 2013)

Lásd még: Mellékvegyértékkötés

Variancia, korrigált tapasztalati szórásnégyzet

A variancia a szórásnégyzet latin eredetű neve.

Mérési adatok átlagtól való négyzetes eltéréseinek átlaga. Az n elemszám helyett $(n-1)$ -gyel szokás osztani a torzítatlan becslés érdekében. A beton nyomószilárdsága esetén a variancia:

$$s_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm,test})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}^2 - n \cdot f_{cm,test}^2}{n-1}$$

Ezt a képletet le kellene vezetni, volt egyszer egy Dulácska professzornak írt levelem, az nem erről szólt?

ahol f_{ci} = a nyomószilárdság mért értéke, f_{cm} = a nyomószilárdság tapasztalati átlagértéke, n = a mérési eredmények száma.

Bár a variancia az elméleti statisztikában fontos fogalom, a gyakorlatban helyette inkább az s_n tapasztalati szórás, tehát a variancia négyzetgyökét szokták használni.

A variancia nem tévesztendő össze a variációs tényezővel (variációs együtthatóval, relatív szórással).

Lásd még: Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása, Szórás

Variációs tényező, variációs együttható

A variációs tényező vagy variációs együttható a relatív szórás szinonim kifejezése.

A variációs tényező, variációs együttható nem tévesztendő össze a varianciával.

Jele: s_{rel} vagy V_x , de főképp a régebbi irodalomban találni ν (görög kis nő) vagy ν (görög kis üpszilon) jelölést is

Lásd: Relatív szórás

Vasbeton

A vasbeton olyan tartószerkezeti anyag, amelybe elsősorban a húzóerők felvételére a betonnal együttműködő acélbetéteket (vasszerelés) építenek be.

Az MSZ EN 13369:2024 szabvány 4.2.2.1. szakasza szerint vasbeton készítéséhez legalább C20/25 jelű nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

Az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési ütiügyi műszaki előírás 1. táblázata szerint beton és vasbeton hídszerkezetek készítéséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni. Ugyanígy rendelkezik az e-UT 07.02.11:2011 közúti hídépítési ütiügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza is, amely szerint mind monolit, mind előregyártott vasbeton szerkezetek esetén legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú beton alkalmazható.

Az 1952 évi H.1.Sz. számú Vasúti Hídszabályzat 7. §. I. F) fejezetének 7.161 szakasza szerint vasbetonszerkezetek készítéséhez B 220 vagy B 300 minőségű betont használtak.

Az 1956-ban kiadott KPM Sz. HI/I-56 R számú Közúti Hídszabályzat F) fejezet 1.51. szakaszában a helyszínen készülő vasbeton felszerkezetekhez általában B 200 és B 280 nyomószilárdságú beton alkalmazását követelték meg. A K) fejezet 2. szakasza szerint a helyszínen előregyártott vasbetonelemek általában B 280, a gyárilag készített vasbetonelemek általában B 400 nyomószilárdsági osztályú betonból készültek, de az alépítmény célra készített előregyártott vasbetonelemek betonjának előírt minősége csak B 200, illetve B 280 volt. A helyszínen előregyártott vasbetonelemek esetén a B 400 vagy annál jobb, a gyárilag készített vasbetonelemek esetén a B 560 vagy annál jobb minőségű beton alkalmazását külön engedélyhez kötötték.

Az 1968-ban kiadott KPM Sz. HI/I-68 számú Közúti Hídszabályzatban az F) fejezet 1.5. szakaszában szintén külön engedélyhez kötötték a helyszínen előregyártott vasbetonelemek esetén a B 400 vagy annál jobb, a gyárilag készített vasbetonelemek esetén a B 560 vagy annál jobb minőségű beton alkalmazását.

Az 1976-ban használatba vett Vasúti Hídszabályzat-tervezet III. fejezetének „Beton és kőanyagú szerkezetek” című 1. füzet 1.8. és 2.2. szakasza szerint helyszínen vagy előregyártva készülő vasbeton szerkezetek anyagául VB 140, VB 200, VB 280, VB 350, VB 400 és VB 500 szilárdsági jelű betonokat volt szabad alkalmazni. Helyszínen készülő vasbetonszerkezetekhez VB 350 jelűnél, előregyártott vasbeton szerkezetekhez VB 400 jelűnél nagyobb szilárdsági jelű beton csak a KPM előzetes engedélyével volt tervezhető.

A Magyar Államvasutak a vasúti beton és vasbetonhidak építésére kiadott utasítása szerint a vasbeton szerkezeteket általában C 20 (B 280), különleges szerkezetek esetén C 25 – C 40 (B 350 – B 560) nyomószilárdsági osztályú betonból készítették (MÁV H. 2. sz. 1984).

A visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány 1.2.1. szakaszának előírása szerint annak idején vasbetonszerkezetet legalább C 10 nyomószilárdsági osztályú betonból (MSZ 4719:1982) kellett tervezni.

Ezzel egybehangzóan a visszavont MSZ 15227:1980 M (1988) szabvány 3. táblázatának megjegyzésében azt írták, hogy C 6 és C 8 jelű beton vasbetonszerkezetekhez nem használható. Az MSZ 15227:1980 M (1988) szabványban az 1.2. szakasz módosításaképpen az szerepelt, hogy B 200 helyett C 12, B 280 helyett C 20, B 140 helyett C 10, B 400 helyett C 30 írandó, értve alatta a nyomószilárdsági osztály MSZ 4719:1982 szabvány szerinti jelölését. Ezek a nyomószilárdsági osztályok a B 280 jelű osztálytól kezdve felfelé eggyel nagyobbak, mint amekkorák az MSZ 4719:1982 szabvány 8. táblázatából következnek.²⁵⁹

A vasbetonépítés kezdete az 1800-as évek közepére tehető.²⁶⁰

²⁵⁹ A Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának minősítési értéke ($R_{k\Phi, nom}$) a beton korábbi, MSZ 4719:1977 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya ($R_{m,200}$) függvényében, az MSZ 4719:1982 szabvány 8. táblazata szerint.

$R_{m,200}$	B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 450	B 500	B 560
$R_{k\Phi, nom}$	3,0	4,5	6,5	9,0	13,0	18,0	23,0	27,0	30,5	35,0	39,0

²⁶⁰ A jogász és földbirtokos francia *Joseph Louis Lambert* (1814-1887) 1848-ban evezős csónakot készített acélhuzallal erősített cementhabarcsból, és azt „fer-ciment”-nek nevezte. *François Coignet* (1814-1888), aki 1855-ben a csömszövelt betont szabadalmaztatta, 1956-ban vonórúdat alkalmazott vasalásként. Az ügyvéd és feltaláló *Thaddeus Hyatt* (1816-1901) Londonban, a Chiswick Press kiadónál, 1877-ben megjelentette a vasbeton kutatásairól szóló, „An account of some experiments with portland cement concrete combined with iron as a building material” című könyvét, és ezzel elsőként fogalmazta meg a vasbetonépítés alapelveit. *William B. Wilkinson* (1819-1902) szabadalmat nyújtott be a betonfödémek készítésére, amelyek húzott övét használt (mai szóhasználatlaltal újrahasznosított) sodronykötéllal erősítette. A kertész *Joseph Monier* (1823-1906) acélhuzallal

Vasgyártás

Lásd: Acélgyártás

Vaskarbid

A vaskarbid (Fe_3C) a legkeményebb és legridegebb vas-szén ötvözet. Kohászati neve: cementit.

Lásd még: Vas-szén ötvözetek

Vaskohó

A nagyolvasztót és segédüzemeit együtt sokszor vaskohónak vagy kohóműnek nevezik.

Lásd: Acélgyártás

Vasmodulus

Lásd: Aluminát-modulus

Vasoxidul

A régebbi irodalomban vasoxidul-nak a vas(II)-oxidot (FeO , ferro-oxid, wüstit), vasoxiduloxid-nak pedig a vas(II,III)-oxidot (Fe_3O_4 , ferro-ferri-oxid, magnetit) nevezték. (*Péché*, 1891), (*Lósy-Schmidt et al.*, 1928)

Lásd még: Acélgyártás

Vas-szén ötvözetek

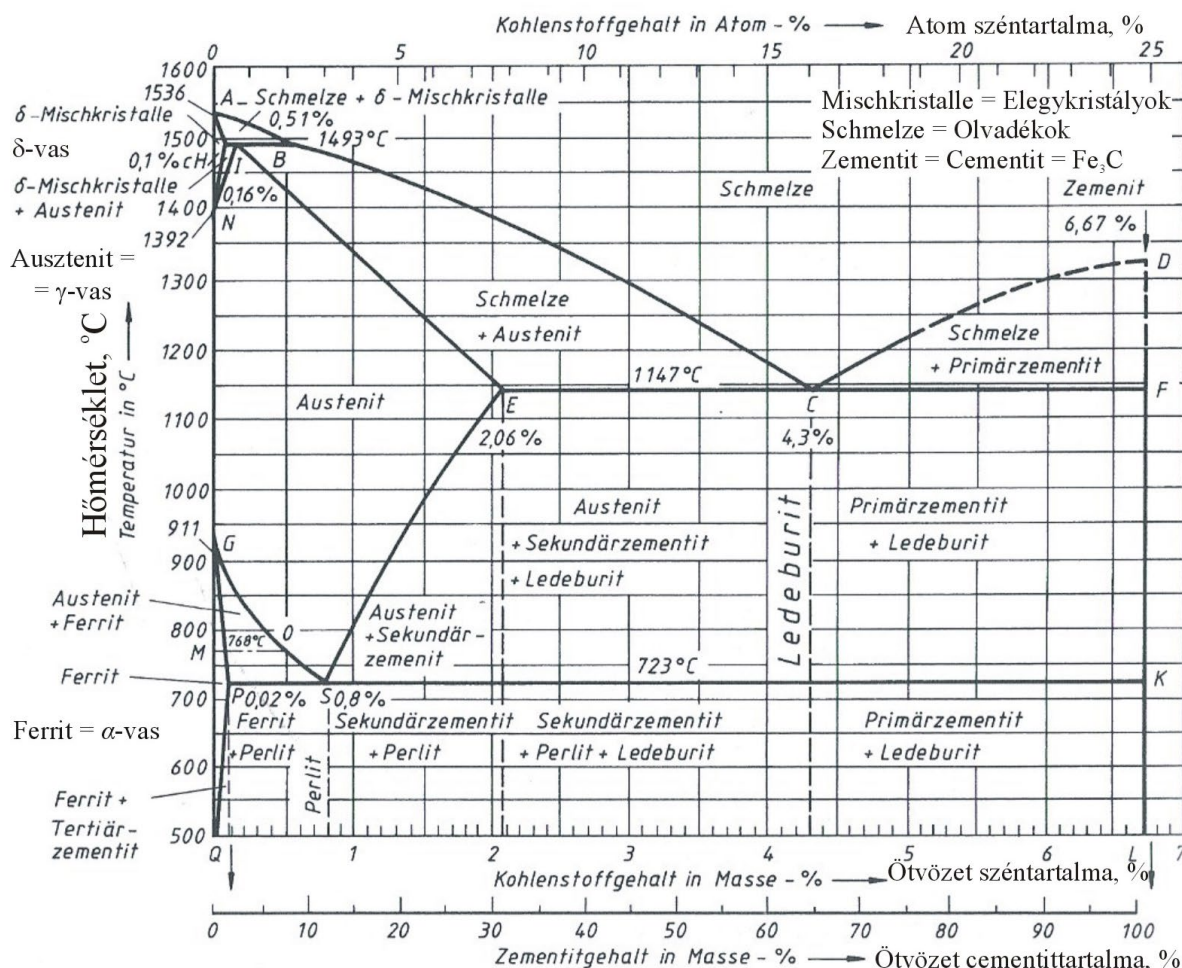
A szén a vasötvözetekben szobahőmérsékleten kétféle formában fordul elő: szabad formában kristályos szénként, amelynek neve *grafit* (C) és kémiaiilag kötött formában *vaskarbid* (Fe_3C) fémes vegyületként, amely utóbbit *cementitnek* is neveznek. (*Palotás et al.*, 2. kötet, 1979), (*Óvári szerk.*, 1985)

A vas-grafit-vaskarbid (Fe-C- Fe_3C) ötvözet neve 2,06% széntartalom alatt *acél*, 2,06% széntartalom felett mintegy 4,3% széntartalomig *szürkevas* (*Vas-vaskarbid ábra*). A szürkevas 1-3% szilíciumot is tartalmaz, grafit-tartalma folytán törésfelülete szürke színű. A szürkevas tulajdonságait a szabad állapotú grafit tulajdonságai és eloszlása befolyásolják. A szürkevas-fajták jól forgácsolhatók. (*Erdey-Grúz*, III./15., 1940), (*Seidel et al.*, 2018)

A szén csak kötött állapotban, vaskarbid (Fe_3C) alakjában tartalmazó vas-vaskarbid (Fe- Fe_3C) ötvözetet *fehérvasnak* nevezik. A fehérvas széntartalma mintegy 4,3-7,0%. Szilíciumtartalma többnyire nem számottevő. A fehérvas tulajdonságait elsősorban a ledeburit jellege határozza

vasalt cementhabarcsból virágtartót készített, és azt 1855-ben a párizsi világkiállításon bemutatta. *Joseph Monier* első szabadalmát 1867-ben adta be, majd ezt 1868-1873 között csövekre, hidakra, gyalogos átjárókra kiterjesztett szabadalmakkal egészítette ki. Az első hengeralakú víztartályt Bougivalban (Seine-et-Oise) 1872-ben, az első keskeny ívhídat chazeleti Marquis de Tilière kastélyparkban (Touraine) 1875-ben építette meg. *Armand Considère* (1841-1914) a hivatalos francia kormánybizottság híd- és útépités főfelügyelőjeként volt nagy hatással a vasbetonépítés fejlődésére. *François Hennebique* (1843-1921) az első gömbvasakkal készített vasbeton lemezzel 1880-ban hívta fel a figyelmet magára, majd 1892-ben szabadalmat nyújtott be a monolit vasbetontartók kialakítására. Elmélete az 1897-ben alapított „Le béton armé” című folyóirata révén világhírűvé vált. Az első vasbeton gabonasíllót 1895-ben Brailában (Románia), egy háromnyílású, nyílásonként négy bordás ívhídat 1899-ben Châtelleraultban (Vienne) épített. *Gustav Adolf Wayss* (1851-1917) munkásságának köszönhetően 1887-1891 között Németországban és az Osztrák-Magyar Monarchia területén több mint 320, legfeljebb 40 m fesztávolságú közúti híd épült, 1898-ban megépítette a legnagyobb, 44 m fesztávolságú Monier-rendszerű közúti ívhídat az Ybbs folyó felett (Alsó-Ausztria), amely ma is használatban van. A Monier-rendszert az 1887-ben Neustadt an der Hardt-ban kiadott, „Das System Monier in seiner Anwendung auf das gesamte Bauwesen” című könyvével népszerűsítette. *Edmond Coignet* (1856-1915) *Napoleon de Tédescoval* (1848 – 1922, Párizs) együtt 1889-ben vezette be az évtizedeken át alkalmazott *n*-es (II. stádium szerinti) vasbeton méretezési eljárást (*n* az acélbetét és a beton rugalmassági modulusának viszonyszáma).

meg. Az ilyen szövetű öntöttvas igen kemény, rideg tehát kopásálló. Dinamikus igénybevételnek (például ütésnek) kitett alkatrészek gyártására nem alkalmas, forgácsolással nemigen lehet megmunkálni. (Erdey-Grúz, III./15., 1940), (Seidel et al., 2018)



Vas-vaskarbid ábra: A vas-vaskarbid (Fe-Fe₃C) ötvözetek egyensúlyi állapotábrája (Seidel et al., 2018)

A szén a vasban korlátolt módon oldódik, atomjai az átalakulási hőmérséklettől függően ékelődnek a vas kristályrácsába (Czakó M., 1940), (Palotás et al., 2. kötet, 1979), (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984), (Óvári szerk., 1985), (Mészáros et al., 2011):

- a szénnel szilárd oldatot képező γ -vas módosulat kohászati neve: *ausztenit*. Az ausztenit a vasnak lapközepes köbös módosulata, amely a 912 °C és 1394 °C közötti hőmérsékleti tartományban stabil. Az ötvözetlen acél ausztenitje lehűlés közben mindig átalakul;
- a szénnel szilárd oldatot képező α -vas módosulat kohászati neve: *ferrit*. A ferrit az acél és az öntöttvas fő alkotórésze, ez adja a mágneses tulajdonságait;
- a vas 6,67% széntartalmú fémes vegyületének, az Fe₃C vaskarbidnak a kohászati neve: *cementit*;
- a *perlit* nem vasmódosulat, hanem a ferritnek és a cementitnek ausztenitből 727 °C hőmérsékleten létrejövő lemezes szerkezetű elegye, amely 4,29% alatti széntartalmú vas-szén ötvözet. A lemezei annál finomabbak, minél gyorsabb hűtés közben jött létre. A perlit szemcsés szerkezetű alakja edzett, majd 727 °C-nál kisebb hőmérsékleten megeresztett acélban jelenik meg. Szobahőmérsékleten a 0,8%-nál kisebb széntartalmú acél szövetszerkezete teljesen perlites, a szövetszerkezetet beágyazott cementit lemezeket tartalmazó ferrit kristályok alkotják;

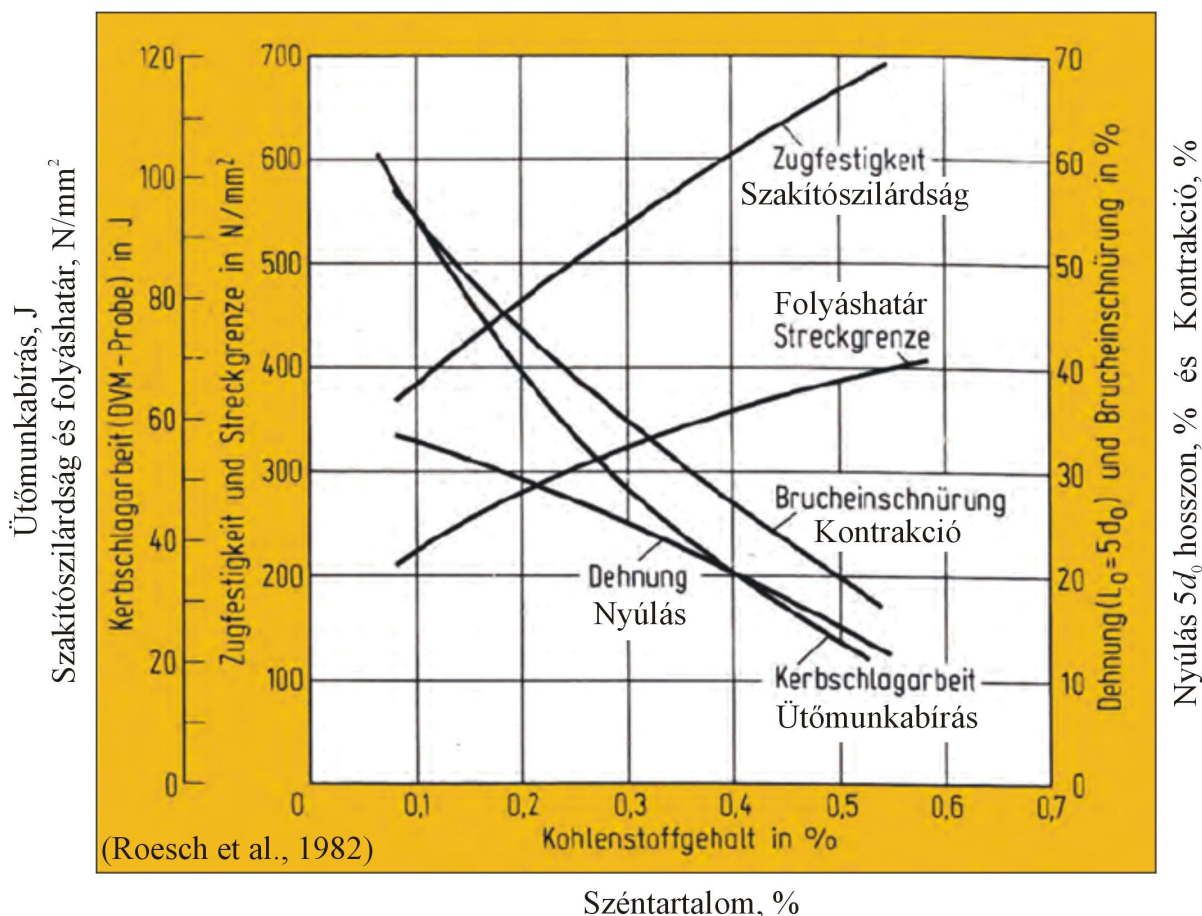
- a *ledeburit* sem vasmódosulat, hanem 2,06% és 6,67% közötti széntartalmú vas-szén ötvözet, amely ausztenitből és cementitből áll. A ledeburit eutektikus pontja a 4,29% széntartalom függőlegesében a 1152 °C hőmérsékletnél fekszik.

Lásd még: Átalakulási hőmérséklet, Szilárd oldat, Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

Vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája

A színvas, tiszta vas kis szilárdsága miatt építési célra nem alkalmas, ezért szénrel ötvözik.

A vas-szén ötvözet tulajdonságai nagymértékben a széntartalomtól függenek. A széntartalom növekedésével növekszik a vas folyáshatára és szakítószilárdsága, csökken a nyúlása, kontrakciója és ütőmunkabírása (*Roesch ábra*), ridegebbé válik; és hegeszthetőségét mintegy 0,22-0,25 tömeg% széntartalom fölött elveszti.



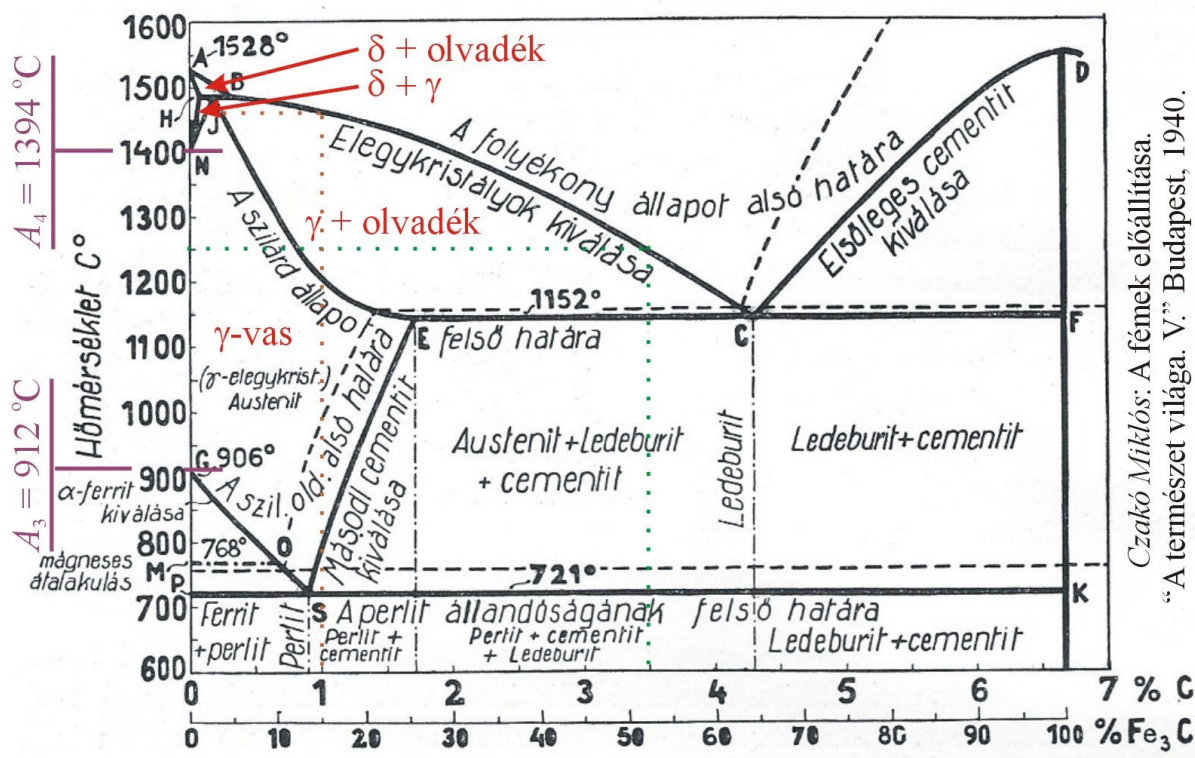
Roesch ábra: Ötvözetlen acélöntvény mechanikai tulajdonságai a széntartalom függvényében (Roesch et al., 1982)

Acéloknak az MSZ EN 10020:2001 szabvány szerint azokat a kis széntartalmú vas-szén ötvözeteket tekintjük, amelyek széntartalma kevesebb, mint 2,06 tömeg%. A 2,06 tömeg% széntartalom a szokásos határvonal az acél és az öntöttvas között.

A vas szénoldóképessége az anyag hőmérsékletétől függ, ezért az acél kívánt széntartalmát megfelelő hőmérsékleten lehet beállítani, amelynek törvényszerűségeit a vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája fejezi ki (*Vas-szén-állapot ábra*). A vas-szén ötvözetek átalakulási ábrája kétösszetevős eutektikum egyensúlyi állapotára, mint például az olvasztó sóoldat olvadási diagramja, amelynek a <http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/olvasztoso.pdf> weboldalon tanulmányozható.

„A szénnek fémekkel alkotott vegyületét karbidoknak nevezik. Vas a szénrel vaskarbidot képez, más néven cementitet. A vaskarbid 6,67% szén (C) tartalmú vegyület. Az ausztenit

(Austen²⁶¹ angol kohász után) szilárd oldat, amely korlátozottan oldja a szén hőmérséklettől függően. A legnagyobb szénoldóképessége 1147 °C hőmérsékleten van, ekkor 2,06 % szén képes oldatban tartani. A ferrit igen kis széntartalmú rácsszerkezetű szilárd oldat, amely korlátozottan oldja a szén hőmérséklettől függően. A legnagyobb szénoldóképessége 723 °C hőmérsékleten van, ekkor 0,025% szén képes oldatban tartani. Az eutektikum kialakulásának feltételei: ha az ömledék széntartalma 4,3%, valamint 1147 °C hőmérsékletű, akkor ledeburitról beszélünk (Ledebur²⁶² német kohász után). A ledeburit heterogén szerkezetű összetett szövetelem, amely a eutektikum cementitjében eloszott auszenit kristallitok találhatók. A vas-szén állapotábrában az eutektoidos szövetszerkezetet perlitnek nevezik.”
<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki-alapismeretek/vas-szen-allapotabra/vas-vakarbid-allapotabra>



Vas-szén-állapot ábra: A vas-szén ötvözetek egyensúlyi állapotábrája (Czakó M., 1940)

A **Vas-szén-állapot ábrán** látható Czakó Miklós-féle egyensúlyi állapotábra minden pontja a vas adott széntartalommal ötvözhetőségének hőmérsékletét adja meg. Az ábrán a vastag göbök a gyakorlatban általánosabb metastabilis kristályosodás vas-vaskarbid rendszerére, a szaggatott vonalak pedig a stabilis kristályosodás vas-grafit rendszerére vonatkoznak. (Czakó M., 1940)

Megjegyzés:

- A szén a vasötvözetekben kétféle formában fordul elő: szabad formában grafitként (C) és kémiai kötött formában vaskarbid (Fe_3C) fémes vegyületként, amely utóbbit cementitnek is nevezik.

²⁶¹ William Chandler Roberts-Austen (1843, Kennington – 1902, London) angol kohász, a Royal School Mines egyetemi tanára, a róla elnevezett γ -vas elegykristály felfedezője. Vas-szén fázisdiagramját, amely az egyensúlyi állapot akkori ismeretlensége folytán még nem kifejezett egyensúlyi állapotábra volt, 1897-ben tette közzé. (https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_8/advanced/a8_4_2.html#!Bain)

²⁶² Karl Heinrich Adolf Ledebur (1837, Blankenburg – 1906, Freiberg) német kohász, 1874-től a Bergakademie Freiberg egyetem vaskohászati tanszékének egyetemi tanára, 1875-től vaskohászati laboratóriumának is vezetője. 1882-ben fedezte fel a róla elnevezett Ledeburit vas-szén elegykristályt. (https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_8/advanced/a8_4_2.html#!Bain)

- Metastabilis az olyan egyensúlyi állapot, amely bizonyos ideig fennmarad, de nem felel meg az adott körülmények közötti valóságos egyensúlynak (*Bakos szerk., 1973*).

A *Vas-szén-állapot ábrán* látható, hogy az anyag folyékony állapotának alsó határvonala (HCD) és szilárd állapotának felső határvonala (JECF) két helyen, a 0,0% és a 4,3% széntartalom függőlegesében metszi egymást, tehát csak a szénvasnak és a 4,3% széntartalmú vasötvözetnek van határozott olvadáspontja, a többi ötvözetnek csak olvadási hőmérséklet-tartománya van. Az ABCD görbe fölötti hőmérsékleten minden ötvözet teljesen folyékony, az AE görbe alatti hőmérsékleten minden ötvözet teljesen megdermed, a GSECF görbe alatti hőmérsékleten pedig már minden összetételű ötvözet teljesen szilárd. Az eutektikus hőmérséklet ECF vonala a 4,3% széntartalmú eutektikus összetételű vas-szén ötvözet határozott olvadáspontja. Az MO és a PSK görbék a szilárd ötvözetben végbemenő fizikai változásokhoz tartozó hőmérsékletek, amelyek az acélok megalakításának, az edzés, lágyítás, izzítás hőmérsékleteire nyújtanak útmutatást. (*Czakó M., 1940*)

Ha például egy 3,5% széntartalmú nyersvasat 1,0% széntartalmú acéllá finomítanak, akkor ennek teljes beolvadási hőmérséklete mintegy 1280 °C hőmérsékletéről 1450 °C hőmérsékletre emelkedik, és a teljes olvadás és teljes dermedés közötti hőmérséklet növekedik. (*Czakó M., 1940*)

Az MSZ EN 10052:1995 szabvány szerint az ausztenitesítés olyan művelet, amelynek során a terméket felmelegítik olyan hőmérsékletre, amelyen az alapszövet ausztenites lesz. Ha a ferrit átalakulása nem fejeződik be, akkor az ausztenitesítést részlegesnek nevezik. Az ausztenítési hőmérséklet az a legnagyobb hőmérséklet, amelyen a vasötvözetet hőn tartják.

Az átalakulási hőmérséklet a hevítés sebességének is függvénye, amelyek kapcsolatát a vas-szén egyensúlyi állapotábrából szerkesztett átalakulási diagramon szokták ábrázolni (*Átalakulási ábra*).

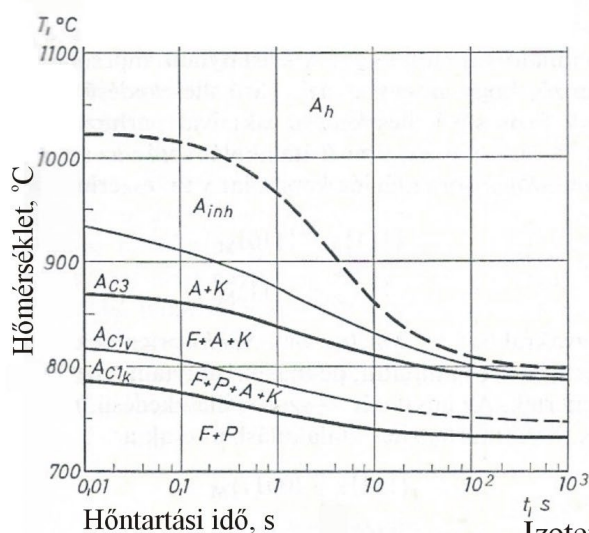
Az *Átalakulási ábra* Óvári-féle folyamatos hevítéses diagramján az 1,0 °C/s-nál kisebb hevítési sebesség vonal, illetve *Seidel-Hahn*-féle folyamatos hevítéses diagramján az 6. jelű hevítési sebesség vonal az Ac_{1k} , illetve Ac_{1b} kezdődési görbét a 723 °C hőmérsékletnél metszi, amelynél az ausztenit-képződés és a ferrit/perlit-oldódás diffúzió szabályozta folyamata kezdődik. A ferrit/perlit-oldódás az Ac_{1v} , illetve Ac_{1e} befejeződési görbe mentén ér véget. A részecskék helyváltoztatása bizonyos időt követel, de a folyamat annál gyorsabb, minél magasabb a hőmérséklet. A nagyon gyors hevítés (például nagyfrekvenciás induktív hevítés) az Ac_1 és Ac_3 görbét jelentős mértékben feljebb tolja. (*Óvári szerk., 1985*), (*Seidel et al., 2018*)

A vas-szén átalakulási diagramon (folyamatdiagramon, fázisdiagramon) valamely hevítési sebesség vonalat kiválasztva az Ac_3 görbével való metszéspont az ausztenitesedés befejeződésének a hevítési időhöz tartozó átalakulási hőmérsékletét jeleníti meg (*Átalakulási ábra*). Az Ac_3 függvénygörbe aszimptotája az $Ac_3 = 911-912$ °C egyensúlyi átalakulási hőmérséklet. Az ausztenitképződés az Ac_3 hőmérsékleten ugyan befejeződik, de ekkor az ausztenit inhomogén, vagyis az előzőleg perlites helyeken több, míg az előzőleg ferrites helyeken kevesebb szén (karbont) tartalmaz. Az ausztenit homogenitása a *Seidel-Hahn*-féle izotermás diagram sraffozott része felett tekinthető megfelelőnek, ahol viszont megindul a szemcsedurvulás. Ezért az ausztenitesítés hőmérsékletét és időtartamát úgy kell megválasztani, hogy elfogadható homogenitású, de még finomszemcsés ausztenit jöjjön létre. A folyamatos hevítés sebességének növelése az átalakulást a magasabb hőmérséklet és a rövidebb hőntartási idő irányába tolja el. (*Seidel et al., 2018*), (*Óvári szerk., 1985*), (*BME ATT Anyagtudomány és Technológia Tanszék, <https://adoc.tips/download/acelok-hkezelese-hipereutektoidos-acel-1-abra-a-fe-c-egyensu.html?reader=1>*)

Az *Átalakulási ábra* *Seidel-Hahn*-féle folyamatos hevítéses diagramján az Ac_m jelű függvénygörbe a *Vas-szén-állapot ábra* SE vonalának felel meg; az S pont koordinátái: 0,8% széntartalom és 723 °C hőmérséklet, az E pont koordinátái pedig: 2,06% széntartalom és 1147 °C hőmérséklet. Az SE, azaz Ac_m vonal az oldhatóság, illetve telítettség határvonala, amely az

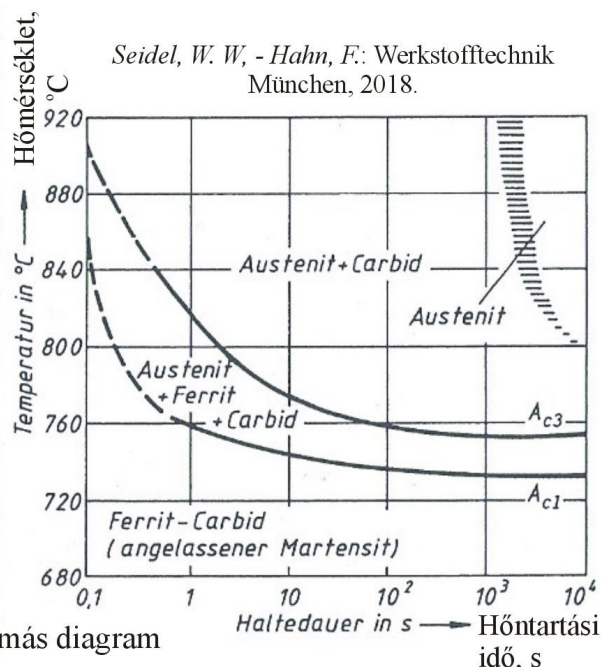
ausztenit (γ -vas) hőmérsékletfüggő szén-fellevőképességét jeleníti meg, amely alatt a túltelített oldatból az oldott szén Fe_3C (vaskarbid, cementit) alakjában kiválik. A ferrit (α -vas) 723 °C hőmérsékleten legfeljebb 0,02% szenet tartalmaz, ez a mennyiség negyvened része annak, amennyit ugyanezen a hőmérsékleten az ausztenit (γ -vas) felvenni képes. Ha a hőmérséklet csökken, akkor a ferrit szénoldóképessége tovább csökken, és szobahőmérsékleten egyensúlyi állapotban csak mintegy $10^{-5}\%$; a szén ismét Fe_3C alakjában van a vas-szén ötvözetben (lásd a *Vas-szén-állapot ábrát is*). (Seidel et al., 2018)

Óvári A. (szerk.): Vaskohászati kézikönyv
Budapest, 1985.

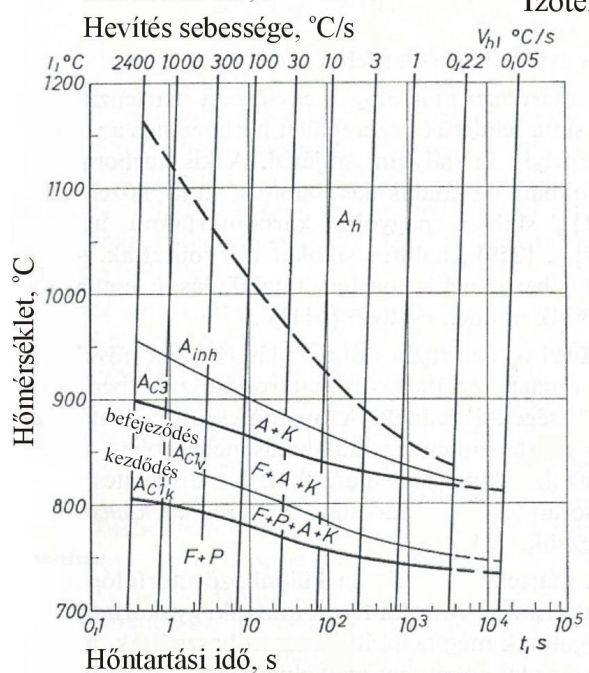


Izotermás diagram

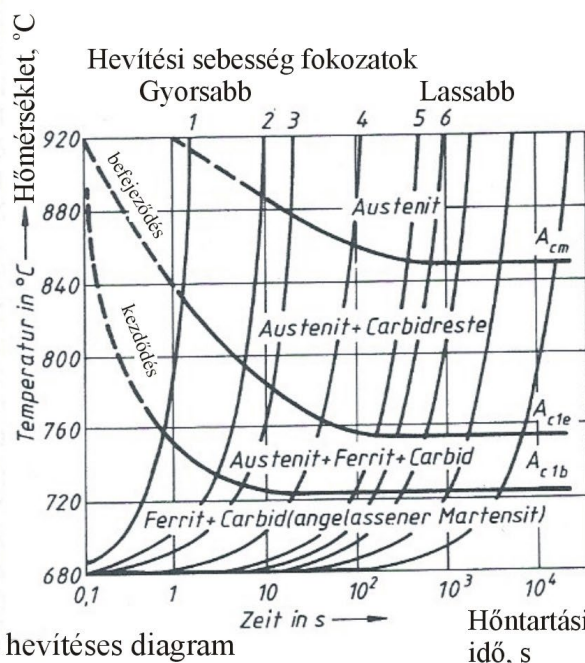
Seidel, W. W., - Hahn, F.: Werkstofftechnik
München, 2018.



Hőntartási idő, s



Folyamatos hevítéses diagram



Hőntartási idő, s

Átalakulási ábra: A vas-szén módosulat ausztenitesítésének átalakulási diagramja. Megjegyzés: Az ábrán az A és A_{c1} vonalak indexében a betűk jelentése: h = homogén, inh = inhomogén, k = kezdődés, v = végződés (befejeződés), b = Beginn (kezdet), e = Endung (végződés). (Óvári szerk., 1985), (Seidel et al., 2018)

Az acél kémiai összetételére szükség esetén szikrapróbával lehet nagyvonalakban következtetni.

Lásd még: Acélgyártás, Átalakulási hőmérséklet, Eutektikum, Acél szikrapróbája, Vas-szén ötvözetek

Várható érték

A tapasztalati átlagnak (számtani középértéknek) megfelelő elméleti fogalom a matematikai statisztikában (valószínűség számításban). A matematikai statisztikában megkülönböztetik az elméleti és a tapasztalati várható értéket. A ξ valószínűségi változó elméleti várható értéke a $p'(\xi)$ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett elsőrendű nyomatéka (ha az integrál létezik és véges):

$$M(\xi) = \int \xi \cdot p'(\xi) \cdot d\xi$$

míg az x valószínűségi változó (például mérési adat) tapasztalati várható értéke az átlag. Jele: $M(\xi)$ vagy m

VEBE mérték, VEBE átformálási idő

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-3:2009. A konzisztencia mérték és mérőeszköz a VEBE megnevezést *Victor Bährner*²⁶³ nevének kezdőbetűi után kapta. Mértékegysége: s, jele: V0 ... V4

Vegyértékelektron

Vegyértékelektronnak az atomok legkülső elektronhéján, az úgy nevezett vegyértékhéjon található elektronokat nevezzük. A periódusos rendszer főcsoportjai elemeinek vegyértékhéján legfeljebb 8 vegyértékelektron helyezkedhet el. A kémiai reakciókban, a kötésben ezek a vegyértékelektronok vesznek részt.

Az elemek vegyértékét a vegyértékelektronok száma határozza meg.

Leegyszerűsítve – ugyanis a vegyérték hagyományos, de a gyakorlatban igen szemléletes fogalma mára túlhaladott – azt mondhatjuk, hogy a periódusos rendszer I.-IV. főcsoportjában az elemeknek rendre 1-4 vegyértékük, az V. főcsoportban 3 vegyértékük, a VI. főcsoportban 2 vegyértékük, a VII. főcsoportban 1 vegyértékük van. A VIII. főcsoport nemesgázainak vegyértékhéja telített, ebből kifolyólag nincs vegyértékük.

Megjegyzés: A periódusos rendszerben a főcsoportokat újabban az oszlopszámok alapján jelölik, de az oszlopszámból az elem vegyértékére nem lehet következtetni.

Lásd még: Nemfémek

Vegyértékhéj

Lásd: Vegyértékelektron

Vetőpróba

Németül: Wurfprobe

A vasrudak hajlamát ridegtörésre a vasgyárakban egykor többek között az úgy nevezett *vetőpróba*val (*Wurfprobe*) ellenőrizték (1.5.VI. ábra). A vetőpróbáról *Johann Friedrich*

²⁶³ *Victor Bährner* svéd mérnök (1897, Stockholm – 1984, Malmö). Konzisztencia vizsgálati módszerét 1940-ben publikálta Svédországban (*Bährner*, 1940) és a német „Zement” című folyóiratban. A bauxitcementről írt dolgozatai a svéd „Cement och Betong” című folyóirat 1934. évi 1. számának 39-42. oldalán és a „Betong” című folyóirat 1941. évi 1. számának 16-18. oldalán olvasható. „Betongberedning” című, 145 oldalas kézi könyve a betonkészítésről 1951-ben jelent meg. Publikált többek között a cement tárolásáról (1928), beton tömörítéséről (1935), a vízzáró betonról (1945), a friss beton levegő-tartalmáról (1952), a téli betonozásról (1955), a habarcsokról (1961), a terazó beton padlóburkolatokról (1965) is.

Ludwig Hausmann²⁶⁴ könyvében (1832) a következők olvashatók (1.5.V2. ábra): „Az összes rúdvasat *vetőpróbának* vetik alá, amely abból áll, hogy minden rudat erővel keskeny üllőre hajítanak. Ha a vas hidegtörékeny, ha nyers vagy megégett foltjai vannak, vagy ha túl hidegre kovácsolták, akkor általában szétreped (hirtelen megreped), és az ilyen rudakat nem adják el.”

Magyar és német

— 368 —

Bányászati Szótár.

Összeállította:

PÉCH ANTAL

nyug. miniszteri tanácsos és bányaisp. tanácsos, a Vaskoronavend III. oszt. és a Lipótrend lovagja, több tudományos társulat tagja, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, országos képviselő.

II.

Német-Magyar rész.

Második bővített kiadás.

BERGMÄNNISCHES WÖRTERBUCH in ungarischer und deutscher Sprache

VON

ANTON PÉCH

pens. k. u. Ministerialrath und Bergdirektor, Ritter des Leopold-Ordens und des Ordens der Eisernen Krone III. Cl., Mitglied mehrerer gelehrter Gesellschaften, korrespondirendes Mitglied der ungar. Akademie der Wissenschaften, Mitglied des ung. Abgeordneten-Hauses.

II.

Deutsch-Ungarischer Theil.

Zweite vermehrte Auflage.

Selmeczen 1891.

Joerges Ágost özv. és fia kiadása.

Wolnyn, barit. <i>á.</i>	Zah
Wootzstahl, vulzaczél. <i>ko.</i>	Zäh
Wort, szó. <i>g.</i>	Zah
Wörterbuch, szótár.	Zäh
Wulfenit, sárga ólomércz. <i>á.</i>	Zäh
Wulst, duzzadék. <i>é.</i>	Zäh
Wulstliederung, duzzadékös zá-	Zäh
rolás. <i>g.</i>	Zah
Wundarzt, seb orvos	Zah
Wünschelruthe, varázsvessző. <i>b.</i>	Zäh
Würde, méltóság.	Zi
Würdig, méltó, érdemes.	Zah
Würdigen, méltatni.	Zäh
Würfel, kocka.	Zah
Würfelbau, kockaalaku fejtés.	Zah
<i>b.</i>	Zah
Würfeisen, kockaalaku öntés.	Zah
<i>ko.</i>	fi
Würfelerz, kockaércz, pharma-	Zah
kosiderit. <i>á.</i>	ir
Würfelnickel, darabos szén. <i>b.</i>	Zah
Würfelnickel, kockanikol. <i>ko.</i>	Zah
<u>Wurfprobe, vető próba. <i>ko.</i></u>	Zah
Wurfschaufel, vető lapát. <i>é.</i>	Zah

1.5.V1. ábra: Wurfprobe magyarul vetőpróba Péch Antal²⁶⁵ Bányászati szótárában (1891)

²⁶⁴ Johann Friedrich Ludwig Hausmann (1782, Hannover – 1859, Göttingen) német geológus, mineralógus. 1811-ben a Göttingeni Egyetem ásványtan tanára és a királyi tudományos társaság tagja lett (Wikipedia).

²⁶⁵ Péch Antal (1822, Nagyváradolaszi – 1895, Selmecbánya) bányamérnök, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja. A XIX. század második felének legjelentősebb magyar bányamérnöke. 1867-től pénzügyminiszteri titkár, majd osztálytanácsos, 1873-1889 között a selmeci bányakerület igazgatója volt. A szabadságharc idején a körmöcbányai pénzverőgépeket Debrecenbe, onnan Nagybányára vitette. Nevéhez fűződik a diósgyőri vasgyár építése és a vajdahunyadi vasgyár terveinek első kidolgozása. 1889 – 1892 között a selmecbányai választókerület országgyűlési képviselője volt (Kenyeres főszerk., II. kötet. 1982).

Ueber den
gegenwärtigen Zustand
und
die Wichtigkeit
des
Hannoverschen Harzes.

Von
Dr. J. F. L. Hausmann,
Königlich Großbritannisch-Hannoverschem Hofrath und ord.
Professor an der G. A. Universität zu Göttingen, Ritter des Kön.
Suelphen-Ordens, der Königl. Societät der Wissenschaften
Göttingen und anderer gelehrten Gesellschaften Mitgliede.

Mit sechzehn Anlagen.

Göttingen,
in der Dieterichschen Buchhandlung.
1832.

Fehler haben, gewöhnlich die Probe nicht aushalten. Es wird nämlich auf den Hannoverschen Eisenhütten kein Stab in die Factorei geliefert, der sich bei einer strengen Probe nicht gut bewährt hat. Sämmtliches Stangeneisen wird der **Wurfprobe** ausgesetzt, welche darin besteht, daß jeder Stab einzeln auf einen schmalen Amboss mit Gewalt geworfen wird. Ist das Eisen kaltbrüchig, hat es rohe oder verbrannte Stellen, oder ist es zu kalt geschmiedet, so zerspringt es in der Regel und solche Stäbe werden ausgeschossen. Das fadige Eisen wird außerdem oft auf-

*Johann Friedrich Ludwig Hausmann:
Über den gegenwärtigen Zustand und
Wichtigkeit des Hannover'schen Harzes.
Göttingen, 1832.*

1.5.V2. ábra: A vetőpróba (**Wurfprobe**) kifejezés magyarázata *J. F. L. Hausmann* könyvében (1832)

Lásd még: *Lüders*-féle nyúlás

Vékonybeton kopóréteg (szőnyeg) burkolaton

Angolul: White Topping („fehér bevonat”, „felbeton”)

Németül: Dünne Betonschicht auf Asphalt (DBA)

Vékonybeton kopóréteg felhordásával a meghibásodott, például nyomvályús stb. aszfaltburkolatokat vagy összetöredezett stb. betonburkolatokat javítják (*Karsainé Lukács, 2012*).

Az 50-100 mm vastag vékonybeton réteget „nagyon vékony burkolatnak”, a 120-180 mm vastag vékonybeton réteget „vékony burkolat”-nak nevezik.

A javítandó aszfaltburkolatra a vékonybeton réteget régebben (1910) kötés nélkül fektették, újabban (1990) felmart aszfalthoz kötve helyezik. A módszert az USA-ban fejlesztették ki, majd az alkalmazása számos országban elterjedt.

A leromlott állapotú útpálya és repülőtéri betonburkolatok újraburkolásának módszerét szintén a XX. század elején az USA-ban dolgozták ki, ennek háromféle alkalmazása van:

- a vékonybeton rétegnek a régi betonburkolathoz való kötését elválasztó réteggel akadályozzák meg;
- a vékonybeton réteget a régi betonburkolatra elválasztó réteg nélkül közvetlenül ráhelyezik;
- a régi betonburkolathoz tapadóhíddal kötik a vékonybeton réteget.

Tovább lehetne írni (a fentieket a *Keleti Imreféle Betonburkolatok* című könyvből írtam):

A *Borosnyói Adarjánnak* gyűjtött linken alapján meg kell írni.

(*Szegőné et al., 2007*), (*Riffel, 2013*)

Vicat-készülék

A *Vicat*²⁶⁶-készülék eszköz a cementpép MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerinti szabványos folyósságának és kötési idejének meghatározására.

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, *Gillmore*-készülék

Vickers-keménység

A *Vickers* keménység az F terhelőerő és a gúla alakú benyomódás A felszínének hányadosa.

Például, ha a *Vickers* keménységmérő készülék gyémánt gúlájára ható 10 kp (98,07 N) terhelőerő 15 másodpercig történt működtetésével kapott *Vickers*-keménység értéke $HV = 18,5$ kp/mm², akkor az MSZ EN ISO 6507-1:2018 szabvány szerint a *Vickers*-keménység jele:

18,5 HV 10/15

A mikro-*Vickers* keménységmérő berendezések lényegüket tekintve abban különböznek a *Vickers* keménységmérőktől, hogy azoknál kisebb terhelőerővel (általában legfeljebb 2 kp) dolgoznak, ezért felfoghatók a *Vickers* keménységmérők kicsinyített változatának.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/notesz/kemenyseg/kemenyseg.pdf>

Lásd még: Keménység

Viszkóz

Angolul: Viscose

Németül: Viskose

A viszkóz a cellulóz-xantogenát sűrűn folyó, nagy viszkozitású oldatának szokásos technikai megnevezése. Viszkóz az alapanyaga a műselyemnek (angolul: rayon, a ray = sugár és a cotton = pamut szóból; németül: Reyon), amelynek finom szálait eukaliptusz, bambusz és fa rostjai alkotják, tehát műselyem voltaképpen nem selyem, mert a természetes selyem fehérjeszerű vegyület, a viszkózselyem pedig hidrátcellulózból áll. Viszkózselyem-szálát drágasága miatt szénszálgyártásra csak ritkán használnak.

²⁶⁶ A korszerű formában számos országban szabványosított *Vicat* készüléket és vizsgálati módszert *Louis-Joseph Vicat* (1786, Nevers – 1861, Grenoble) francia mérnök fejlesztette ki, aki 1812-1822 között a Dordogne folyó felett, Souillac községnél, a 180 m hosszú „Pont Angoulême” nevű ívhídat építette. A híd hét, egyenként 22 m támaszközü kőboltozat alkotja. *Vicat* ezen – „Pont de Souillac, Pont Louis Vicat” néven is ismert – híd pilléreinél építésénél alkalmazta először az általa újra feltalált összetételű római cementet, és mesterséges hidraulikus meszet. Elsőként kutatta a tengervíz magnézium-szulfát tartalmának hatását a betonra (1812).

Az építési mész, beton és habarcs kutatási eredményeit először 1817-ben az „Annales de chimie” évkönyvben és 1818-ban a „Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires” című könyvében hozta nyilvánosságra. Második könyve 1828-ban jelent meg a habarcs és cement előállítására alkalmas nyersanyagokról „Résumé des connaissances positives actuelles, sur les qualités, le choix et la convenance réciproque des matériaux propres à la fabrication des Mortiers et Ciments Calcaires” címmel. „Recherches sur les causes physiques de la destruction des composés hydrauliques par l’eau de mer” című tanulmánya 1856-ban jelent meg. Nevét a párizsi Eiffel-torony első emeleti acél konzoltartóján körbe futó, 72 francia tudós nevét őrző relief délkeleti oldalán megörökítették.



A visszavont MSZ 10777-3:1976 szabvány szerint az elvileg „végtelen” szabatos hosszú vegyiszálak elnevezése nem műselyem, hanem „folytonos szál”. (Neumüller szerk., 3. kötet, 1983), (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Szénszáltexil

Viszkoziméter (reométer) MEG KELL ÍRNI, például innen:

<https://adoc.pub/reologia-nagy-roland-pannon-egyetem.html>

<https://www.vizszintmero.hu/reometer-aramlasmero/geofizika/reometer-aramlasmero>

Lásd még: Rotációs viszkoziméter

Viszkozitás, belső súrlódás, dinamikai viszkozitás

A viszkozitás latin eredetű szó (viscositas; vis = erő; viscera = valaminek a belseje; viscum = madárlép), (Györkösy szerk., 1994).

Magyarul a „viszkozitás” jelentése: „belső súrlódás” (Bakos szerk., 1973), „belső mozgással szembeni ellenállás”, amelyet folyósságnak, sűrűfolyósságnak, nyúlósságnak is szoktak nevezni.

A viszkozitás elsősorban a folyósságnak, mint fizikai jelenségnek, másodsorban a folyóssági tulajdonságnak, mint a fizikai jelenséget leíró mennyiségnek és a mennyiség mértékének a kifejezője.

Röviden: A viszkozitás egyrészt fizikai jelenség, másrészt anyagi tulajdonság.

Viszkozitással mind a gázok, mind a folyadékok, mind a szilárd anyagok rendelkeznek; a szilárd anyagok viszkozitása nagyságrendekkel nagyobb a folyadékokénál, a legkisebb pedig a gázok viszkozitása. A szilárd anyagok viszkozitása (dinamikai viszkozitása) a 10^{18} P értéket is eléri, míg a folyadékok viszkozitása általában 10 - 10^3 P, a gázoké pedig 10^{-3} - 10^{-5} P (poise). A $20,2$ °C hőmérsékletű víz (dinamikai) viszkozitása: $\eta_{\text{víz}} = 1$ cP (centipoise) = 1 mPa·s (millipascal-secundum) = 10^{-3} Pa·s; a higanyé $\eta_{\text{higany}} = 1,6$ cP = $1,6 \times 10^{-3}$ Pa·s; a gliceriné $\eta_{\text{glicerin}} = 1500$ cP = 1500×10^{-3} Pa·s = $1,5$ Pa·s. A folyékonyabb anyag viszkozitása kisebb.

A viszkozitás nagymértékben függ az anyag halmazállapotától és hőmérsékletétől. A hőmérséklet emelkedésével a szilárd testek és folyadékok belső súrlódása csökken, a gázoké növekszik.

Halmazállapottól függetlenül az anyag alakjának maradó megváltoztatásához munka szükséges, amely az anyag alakváltozással szembeni ellenállását legyőzi. Mint minden munka, az anyag mozgással szembeni ellenállását (a súrlódást) legyőző munka is mozgással jár (erő×út).

A súrlódás az anyag mozgással szembeni ellenállása, és ebben az értelemben a „súrlódás” kifejezés a „mozgással szembeni ellenállás” kifejezés szinonimája, azaz felcserélhetők.

A mozgással szembeni ellenállás lehet felületi ellenállás vagy belső ellenállás, azaz a súrlódás lehet felületi súrlódás vagy belső súrlódás. A „viszkozitás” a „belső súrlódás”, a „belső mozgással szembeni ellenállás” szinonimája.

A viszkozitás a súrlódás egyik fajtája, jelenség, amely abban nyilvánul meg, hogy az anyagban, anyagi rendszerben a szomszédos rétegek a belső súrlódás következtében egymás mozgását gátolják.

Viszkozitása nemcsak a gázoknak, a folyadékoknak és a szilárd anyagoknak, hanem a szilárd test összetevőjű, folyadékszerűen viselkedő anyagi rendszereknek, mint például a cementpépeknek, a finompépeknek, a friss habarcsoknak, a közönséges és öntömörödő friss betonoknak, a kőanyag-halmazoknak stb. is van. A kőanyag-halmazok viszkozitását illetően, gondoljunk például a 4 mm alatti szemnagyságú kőanyag-szemek szemalakvizsgálati tölcéses kifolyási idejére, amely a finom szemhalmaz mozgással szembeni belső ellenállásának

függvénye (MSZ EN 933-6:2014 szabvány 8. fejezete, visszavont MSZ 18288-3:1978 szabvány 3. fejezete).

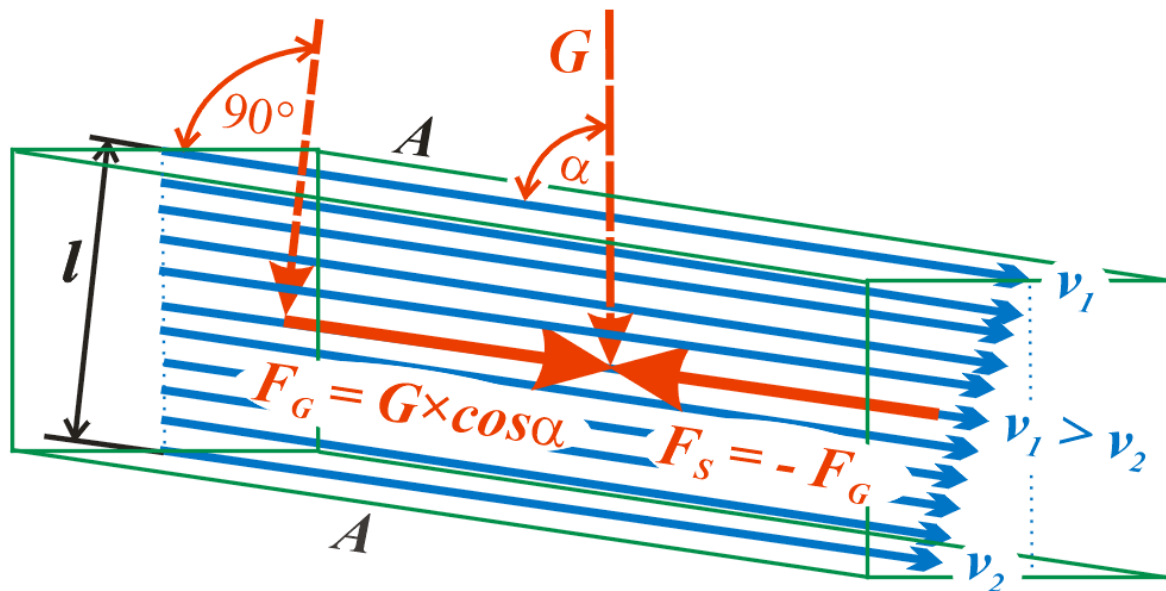
Megemlítjük, hogy folyadékszerűen viselkednek például a polimerek, kátrányok, bitumenek, aszfaltok stb. is. A folyósító adalékszerek friss betonba adagolásának célja a viszkozitás csökkentése, a folyósság, a képlékenység növelése, a bedolgozhatóság javítása.

Ha a viszkozitás tárgyalása során az anyagra ható erők természetét figyelembe vesszük, akkor dinamikai viszkozitásról, ha figyelmen kívül hagyjuk, akkor kinematikai viszkozitásról beszélünk. Előfordul, hogy a dinamikai viszkozitást egyszerűen viszkozitásnak nevezik.

A *dinamikai viszkozitás* a belső súrlódási erő (F_s) által végzett, az anyagrétegek mozgási sebességkülönbségével (egyszerűen: sebességével, v) arányos, felületegységre (A) eső munkát (W) jelenti. Írjuk fel a *dinamikai viszkozitás* (η) mértékegységét:

- a munka = erő $\times$ út ($W = F_s \times \ell$) mértékegysége: J (joule) = N $\cdot$ m
- a felületegységre eső munka = munka/felület ($W/A = F_s/\ell$) mértékegysége: J/m² = N/m
- a sebesség = út/idő ($v = \ell/t$) mértékegysége: m/s
- nyírás = nyíróerő/felület = (belső súrlódási erő)/felület ($\tau = F_s/A$) mértékegysége: N/m²
- a dinamikai viszkozitás $\left(\frac{(W/A)}{v} = \frac{F_s/\ell}{\ell/t} = \frac{F_s \times t}{\ell^2} = \frac{F_s \times t}{A} \right)$ mértékegysége: N $\cdot$ s/m² = Pa $\cdot$ s

Az F_s belső súrlódási erő úgy nevezett *kényszererő*, mert a működését a v sebességű elmozdulást ébresztő F_G erővetület kényszeríti ki. Az $F_G = G \times \cos \alpha$ erővetület a G anyagi súlyerő vetülete a mozgásiránynak a függőlegessel α szöget bezáró, a támaszfelülettel párhuzamos síkjára (1.5.V1. ábra).



1.5.V1. ábra: A dinamikai viszkozitás fogalmának erőteni vázlata

A dinamikai viszkozitás fenti kifejezésében található $F_s \times t$ szorzat megnevezése erőimpulzus (impulzus), pontosabban a nyíróerő impulzusának erőssége, azaz nyíróerőimpulzus (I_{F_s}). Ebből származtatható a nyírásimpulzus (I_τ), amely a nyíróerőimpulzus és a felület (A) hányadosa. Írjuk fel a *nyírásimpulzus mértékegységét*:

- a nyíróerőimpulzus = nyíróerő $\times$ idő ($I_{F_s} = F_s \times t$) mértékegysége: N $\cdot$ s

- a nyírásimpulzus = nyíróerőimpulzus/felület = nyírás×idő

$$\left(I_{\tau} = \frac{I_{F_s}}{A} = \frac{F_s}{A} \times t = \tau \times t \right) \text{ mértékegysége: } (\text{N/m}^2) \cdot \text{s} = \text{N} \cdot \text{s/m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s}$$

A dinamikai viszkozitás és a nyírásimpulzus mértékegységének összevetéséből látni, hogy a *dinamikai viszkozitás nem más, mint nyírásimpulzus*, tehát egymás szinonimái:

$$\begin{aligned} \eta &= \text{Dinamikai viszkozitás} = \frac{\text{Felületegységre eső munka}}{\text{Sebesség}} = \frac{\frac{W}{A}}{v} = \frac{\frac{F_s}{\ell}}{v} = \\ &= \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} = \text{Pa} \cdot \text{s} = 10 \times \text{P} = \frac{\text{Nyíróerőimpulzus}}{\text{Felület}} = \text{Nyírásimpulzus} \end{aligned}$$

A *dinamikai viszkozitás* (nyírásimpulzus) mértékegysége

- az SI-mértékrendszerben: $\text{N} \cdot \text{s/m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s}$ (pascal·secundum)
- a *cgs-mértékrendszerben*: P (poise) = $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s})$, a gyakorlatban általában ennek századrészeként szokták megadni: $\text{cP} = 10^{-2} \text{ P} = 10^{-2} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{s})$
- átszámítás: $\text{P} = 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; $\text{cP} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} = \text{mPa} \cdot \text{s}$ (millipascal·secundum)

A dinamikai viszkozitás jelenségét a *Newton-féle súrlódási törvény* (*Newton II. törvénye*, a dinamika alaptörvénye) írja le, amely a viszkozitással (belső súrlódással) jellemzett folyadék lineáris áramlása esetén a különböző $v = \Delta \ell / \Delta t$ sebességgel áramló szomszédos rétegek között fellépő, az áramlás irányával párhuzamos erőre vonatkozó erőtvénnyel. A *Newton-féle* úgy nevezett súrlódási erőtvénnyel (*Newton II. törvénye*, a dinamika alaptörvénye) szerint, ha két szomszédos folyadékréteg felülete A és a sebességváltozás (sebességgradiens) az áramlási irányra merőleges ℓ tengely mentén $dv/d\ell$, akkor az F_s belső súrlódási erő nagysága:

$$F_s = \eta \times A \times \frac{dv}{d\ell},$$

ahol: F_s = belső súrlódási erő [N]

η = viszkozitási tényező [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]

A = felület [m^2]

$dv/d\ell \rightarrow (\ell/t)/\ell = 1/t$ sebességesés, azaz sebességgradiens [$1/\text{s}$]

Fenti összefüggésből fejezzük ki a viszkozitási tényezőt:

$$\eta = \frac{F_s}{A} \times \frac{d\ell}{dv} = \frac{F_s}{A} \times t = \tau \times t \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = \text{Pa} \cdot \text{s} \right]$$

ahol: $\tau = F_s/A = \text{nyírás}$ [$\text{N/m}^2 = \text{Pa}$]

Az utóbbi összefüggésből kitűnik, hogy az irodalomban viszkozitási tényezőnek a dinamikai viszkozitást, illetve a nyírásimpulzust nevezik, tehát a *viszkozitási tényező szinonimája a dinamikai viszkozitásnak, illetve a nyírásimpulzusnak*. Eszerint a dinamikai viszkozitás és szinonimái jelölhetők az η betűjellel.

A dinamikai viszkozitás reciproka ($1/\eta$) a *fluiditás* (folyékonyság).

A *kinematikai viszkozitás* a dinamikai viszkozitás (η) és a sűrűség (ρ) hányadosa:

$$\text{Kinematikai viszkozitás} = \frac{\eta}{\rho} \quad \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

A kinematikai viszkozitás mértékegysége a cgs-mértérendszerben: St (stokes) = cm^2s^{-1} , és az átszámítás az SI-mértérendszerből a cgs-mértérendszerbe a következő:

$$\text{m}^2\text{s}^{-1} = 10^4 \text{ cm}^2\text{s}^{-1} = 10^4 \text{ St} = 10^6 \text{ cSt (centistokes)}.$$

Végül foglaljuk össze az ebben a szócikkben található szinonimákat:

- sűrűlódás $\equiv$ mozgással szembeni ellenállás,
- viszkozitás $\equiv$ belső sűrűlódás $\equiv$ belső mozgással szembeni ellenállás $\equiv$ folyósság $\equiv$ sűrűnfolyósság $\equiv$ nyúlósság,
- az anyagrétegek mozgási sebességkülönbsége $\equiv$ sebességgradiens,
- nyíróerőimpulzus (impulzus, erőimpulzus) $\equiv$ a nyíróerőimpulzus erőssége,
- nyírásimpulzus $\equiv$ a nyírásimpulzus erőssége,
- dinamikai viszkozitás $\equiv$ felületegységre eső nyíróerőimpulzus (I_{F_s}/A) $\equiv$ nyírásimpulzus ($I_\tau = I_{F_s}/A$) $\equiv$ viszkozitási tényező (η)

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, Folyáshatár reológiai értelmezése, Tixotrópia, Viszkózus, <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/173-viszkozitas.pdf>

Viszkózus

A latin viscum = fagyöngy, madárenyv szóból a francia visceux, viscosité szavakon keresztül származó melléknév, amelynek jelentése „sűrűn folyó”. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Viszkozitás

Visszanyert adalékanyag

A visszanyert adalékanyag az MSZ 4798:2016 betonszabványban található fogalom. A szabvány szerint a visszanyert adalékanyagoknak két változata van, a visszanyert, mosott és a visszanyert, tört adalékanyag.

A visszanyert adalékanyagot – az építéshelyen keletkező építési hulladékból készített adalékanyag kivételével – a BV-MI 01:2005 *fib* beton és vasbetonépítési műszaki irányelvben építőanyag-gyártási hulladéknak nevezik: „Építőanyag-gyártási hulladék elsősorban a beton és vasbetonelemek, valamint feszített vasbetonelemek gyártása, továbbá a téglagyártás során keletkező megszilárdult beton és/vagy téglá hulladék, amely adalékanyagként betonkészítés céljára alkalmassá tehető. A szilárd építőanyag-gyártási hulladék gondos kezelés, elkülönített tárolás esetén egyenletes összetételű, ismert tulajdonságú, szennyeződésektől mentes adalékanyaggá válhat, amelynek újrahasznosítása általában a bontási és építési hulladék adalékanyagú betonnál szigorúbb minőségi követelményeket kielégítő beton előállítását is lehetővé teszi. Az építőanyag-gyártási hulladékot a jogszabályok esetenként építőanyag-gyártási selejtnak nevezik.”

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány a visszanyert adalékanyag fogalmát nem ismeri, azok fajtái egyikének tulajdonságaival, követelményeivel, vizsgálati módszereivel stb. sem foglalkozik.

Beírni az MSZ EN szerinti fogalmak értelmezését is. 2021. májusában módosították (vagy módosítást szavaztatták meg) az MSZ EN 933-11:2019 szabványt.

Lásd még: Visszanyert, mosott adalékanyag; Visszanyert, tört adalékanyag; Újrahasznosított adalékanyag

Visszanyert, granulált adalékanyag

A visszanyert, granulált adalékanyagot az építéshelyen a keverődobban visszamaradt friss beton granulálásával (szemhalmaz alakításával, „szemesítésével”), általában a mixer-kocsiban, különleges kétkomponensű adalékszer (Re-con Zero, Returned Concrete with Zero impact, a Mapei S.p.A. polimerekből és szervesetlen kompozitokból készített por alakú

terméke) hozzáadásával készítik. (Sütő-Kreisz, 2022), (MSZ 4798:2016/4M:2023)

Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerinti visszanyert, granulált adalékanyag mint Rc₉₀ osztályú, friss betonból visszanyert adalékanyag (MSZ EN 12620:2002+A1:2008) alkalmas betonkészítésre (MSZ 4798:2016 szabvány E3.fejezete).

Lásd még: Granulálás

Visszanyert, mosott adalékanyag

Angolul: Reclaimed washed aggregate

Németül: wiedergewonnene gewaschene Gesteinskörnung

A „visszanyert, mosott adalékanyag” kifejezés az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványbeli „reclaimed washed aggregate” angol megnevezés magyar megfelelője az MSZ 4798:2016 szabványban. Tartalmilag azt fejezi ki, hogy meg nem szilárdult, betonkeverőüzemi friss betonból mosással visszanyert, MSZ 4798:2016 szabvány szerinti betonadalékanyagként újrahasznosításra előkészített szemhalmaz.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint visszanyert, mosott adalékanyagon a fel nem használt friss beton mosása és osztályozása révén keletkező adalékanyagot kell érteni. A visszanyert, mosott adalékanyagot az építési folyamatban még nem használták fel.

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány a visszanyert, mosott adalékanyag fogalmát nem ismeri, annak tulajdonságaival, követelményeivel, vizsgálati módszereivel stb. sem foglalkozik.

A visszanyert, mosott adalékanyagot a transzportbetongyárban, a betonelemgyári vagy építéshelyi betonkeverőüzemben friss betonból például a szállítóeszköz mosásával nyerik.

Lásd még: Újrahasznosított adalékanyag

Visszanyert, tört adalékanyag

Németül: wiedergewonnene gebrochene Gesteinskörnung

A „visszanyert, tört adalékanyag” kifejezés az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványbeli „reclaimed crushed aggregate” angol megnevezés magyar megfelelője az MSZ 4798:2016 szabványban. Tartalmilag azt fejezi ki, hogy a betonelemgyári vagy építéshelyi szilárd betonhulladékból stb. visszanyert, MSZ 4798:2016 szabvány szerinti betonadalékanyagként újrahasznosításra előkészített szemhalmaz.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint visszanyert, tört adalékanyagon az építési folyamatban még fel nem használt szilárd beton törése és osztályozása révén kapott adalékanyagot kell érteni.

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány a visszanyert, tört adalékanyag fogalmát nem ismeri, annak tulajdonságaival, követelményeivel, vizsgálati módszereivel stb. sem foglalkozik.

A visszanyert, tört adalékanyagot építési folyamatban még nem használták, és előállíthatják az előregyártott elemek hulladékából a betonelemgyárban, az építéshelyi előregyártóüzemben, vagy az építéshelyen építés közben keletkezett hulladékból.

Lásd még: Újrahasznosított adalékanyag

Visszapattanási érték

A visszapattanási érték például a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat (MSZ EN 12504-2:2013) mérőszáma.

MEG KELL NÉZNI: DAfStb Heft 634., szerző: Breit, W. – Merkel, M.

Lásd még: Schmidt-kalapács, Üllő a Schmidt-kalapácshoz

Visszatevés nélküli mintavétel és visszatevéses mintavétel

A visszatevés nélküli és a visszatevéses mintavétel valószínűségszámítási, matematikai statisztikai fogalmak, amelynek értelmezésére jó példa a hipergeometrikus és a binomiális valószínűségi eloszlás.

A valószínűséget pontosan leíró *hipergeometrikus* eloszlás esetén a *visszatevés nélküli mintavétel* feltételezése következtében minden egyes mintaelem kivételekor megváltozik a halmaz eredeti $p = M/N$ alulmaradási hányada. Következésképpen nagy N számok mellett a hipergeometrikus valószínűségek kiszámítása nagyon körülményes.

Ezért a hipergeometrikus eloszlást a *visszatevéses mintavételt* feltételező *binomiális* eloszlással szokás közelíteni. Binomiális eloszlás esetén feltételezzük, hogy a minta elemeit csak az adott elem vizsgálatának idejére vesszük ki a halmazból, amely esetben a nem megfelelő elemek részaránya a halmazban változatlan marad, azaz $p = M/N = \text{konstans}$. A binomiális eloszlás alkalmazásához a halmaz N elemszámát nem kell ismerni, miáltal a valószínűségek kiszámítása viszonylag egyszerű.

Lásd még: Binomiális valószínűségi eloszlás, hipergeometrikus valószínűségi eloszlás, OC-görbe

Visszautasítási hibaszint, hibakorlát, LQ

(MSZ ISO 2859-2:2020, **MSZ 247-1:1977 visszavont**)

Angolul: LQ Limiting Quality, németül: Schlechtgrenze

A visszautasítási hibaszinttel (LQ) jelzett mintavételi tervek az MSZ ISO 2859-2:2020 szabványban találhatók olyan esetekre, amelyekben az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány áttérési szabályai nem alkalmazhatók, például a tételek egyediek. Az egyes mintavételi tervek statisztikai tulajdonságait az MSZ ISO 2859-2:2020 szabvány A mellékletében, a statisztikai mutatók számítmódját a szabvány B mellékletében tárgyalják.

Lásd még: AOQ Átlagos kimenő hibaszint, AOQL Átlagos kimenő hibaszint határa, AQL átvételi hibaszint

Visszautasítási szám

Lásd: Egy-, két-, többlépcsős (egy-, két-, többfokozatú) mintavétel, illetve vizsgálati terv

Vízáteresztési együttható, vízáteresztőképességi együttható, vízátbocsátási tényező

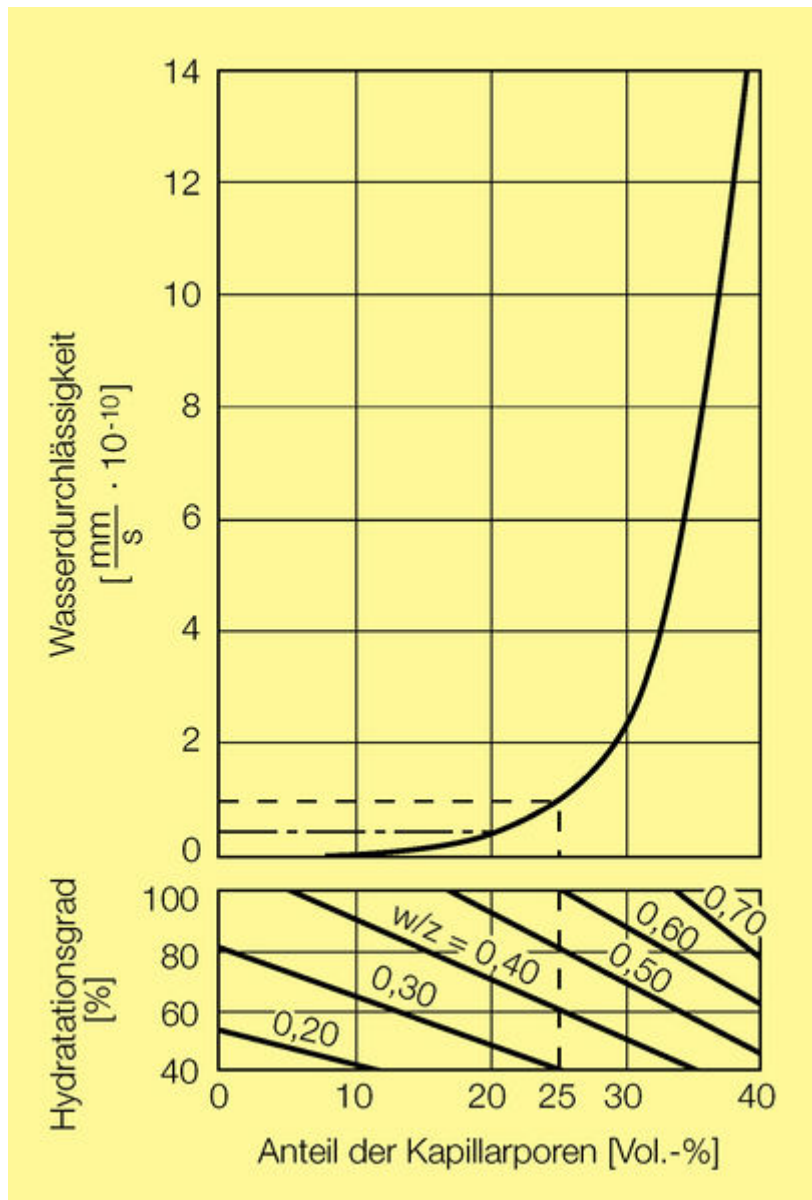
Lásd: Darcy-féle törvény

Illetve az Erdélyi Attilával 2024. február 24-én folytatott levelezés kapcsán:

Forrás: <https://www.beton.wiki/index.php?title=Powers-Diagramm>

Lehet, hogy az 1.5.p4. ábrát ki kellene cserélni.

Ebbe a kéziratba érdemes beírni a Powers kereső szót, és megnézni, hogy eddig mit írtam.



Víz-cement tényező

Víz-cement tényezőnek a friss beton hatékony víztartalmának és cementtartalmának tömegarányát nevezzük. Jele: x

Lásd még: Egyenértékű víz-cement tényező

Víz-cement tényező egyenérték

Lásd: Víz-kötőanyag tényező

Vízépítési tömegbeton

A vízépítési tömegbeton főbb műszaki jellemzői a tartósságon kívül a kis hőfejlés, a nyúlóképesség és a kis zsugorodás, szemben a szokványos betonokkal, amelyek legfőbb jellemzője általában a szilárdság. A vízépítési tömegbetonok esetén a nagy térfogat és a hosszú építési idő miatt a helyi anyagok alkalmazásának és az éghajlati adottság figyelembevételének nagy a szerepe. (Erdélyi, 1968)

A vízépítési tömegbetonok tervezése során nem elegendő a víz-cement tényezőn alapuló képletek alkalmazása, hanem a durva és finom adalékanyag-tartalmat, a $D_{\max}$ és $d_{\min}$ értékét, a szemmegoszlást, a cement típust és a cement-tartalmat együttesen kell megtervezni úgy, hogy

a későbbi korban megfelelően szilárd, mennél repedésmentesebb, tartós, időálló (vízzáró, fagyálló, kopásálló stb.), a lehető legkisebb cement-tartalmú és betonjavító adalékszerek alkalmazásával gépileg bedolgozható legyen. (Erdélyi, 1968)

A vízepítési tömegbetonnak mind az anyagtakarékosság, mind a lehető legkisebb mértékű hőfejlesztés (és ezért a legegyszerűbb hűtési módszer) céljából a lehető legkevesebb cementet szabad tartalmaznia. A kismennyiségű cementhez csak annyi homokot ($d < 4$ mm) szabad adagolni, hogy a keverék szét ne essék, bedolgozható maradjon, de a habarcs homok/cement aránya lehetőleg kicsi – vagyis a habarcs jó minőségű – maradjon. Ez csak úgy érhető el, ha egyrészt nem túl nagy fajlagos felületű, azaz nem nagy víz- és cementigényű, de mégis megfelelő konzisztenciát biztosító homokot alkalmazunk (főleg a $d_{\min}$ megszabásával), másrészt a legnagyobb szemnagyságot ($D_{\max}$) akár 120-150 mm-re megnöveljük; és olyan szemmegoszlást, olyan fajta adalékanyagot választunk, amely a legkisebb hézagtérfogatú halmazzá tömöríthető. (Erdélyi, 1968)

A vízepítési tömegbetonok korai gátolt alakváltozásából eredő repedések tágasságának korlátozása tárgyában a német Szövetségi Vízepítési Intézet (BAW Bundesanstalt für Wasserbau) 2011-ben „Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken” címmel műszaki útmutatót adott ki.

Ezt mentetem: Letöltött dolgozatok a betonhoz / Tömegbeton, és ebből folytatható a Zwang szót tartalmazó mondatokból, és a megfelelő mondatban hivatkozni kell: (Zwang ábra)

Kényszererő (angolul: coercive force, németül: Zwangskraft, Zwangskraft)

Kényszererőnek nevezik a szilárd anyagok gátolt alakváltozása által, például a tömegbetonok gátolt hőtágulása által ébresztett erőt, mert a meggátolt alakváltozás kényszeréből fakad.

Lásd még: Kényszererő, Tömegbeton

Víz felületi feszültsége

A felületi feszültség a folyadék felszíne nagyságának megváltoztatásához szükséges munkát fejezi ki. A felületi feszültség a folyadék hőmérsékletének emelkedésével csökken (Eötvös ²⁶⁷ 1884). A víz felületi feszültsége ($\sigma_{\text{víz}}$) a víz hőmérsékletének ($t_{\text{víz}}$) függvényében:

$$\sigma_{\text{víz}} = 0,076 \times (1 - 0,002 \times t_{\text{víz}}) \quad [\text{N/m}],$$

például $t_{\text{víz}} = 20,4$ °C hőmérsékletű víz esetén $\sigma_{\text{víz}} = 0,0729$ N/m.

Például a higany, az étolaj, a petróleum felületi feszültsége rendre: 0,0491; 0,0330; 0,0270 N/m.

Mértékegysége: J/m², illetve N/m.

Lásd még: Kapilláris vízfelszívás, Kohézó, Nedvesítési szög

²⁶⁷ Báró Eötvös Loránd (1848, Buda – 1919, Budapest) fizikus, báró Eötvös Józsefnek (1813, Buda – 1871, Pest) – aki író, vallás- és közoktatásügyi miniszter, a Magyar Tudományos Akadémia és a Kisfaludy Társaság elnöke volt – a fia. Eötvös Loránd a középiskolát magántanulóként, illetve a pesti piaristáknál végezte, majd beiratkozott a jogi fakultásra. Természettudományi ismereteit idehaza és a heidelbergi egyetemen szerezte. 1870-ben summa cum laude doktorált. A pesti Királyi Tudományegyetem bölcsészeti karán magántanári (1871), rendes tanári (1872), fizikai tanszékvezetői (1878) kinevezést kapott. 1873-ban a Fizikai Intézet igazgatója, 1873-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 1883-ban rendes tagja lett, 1889-1905 között az Akadémia elnöki tisztét töltötte be. 1894 júniusától hét hónapon át volt vallás- és közoktatási miniszter. Tudományos tevékenységét az egyetemen élete végéig folytatta. Fő műve a gravitációs tér térbeli változásának mérésére szerkesztett világhírűvé vált torziós inga (Eötvös-inga). A kapillaritás jelenségével az 1870-es évek elejétől két évtizeden át foglalkozott, és felismerte a folyadékok különböző hőmérsékleten mért felületi feszültsége és molekulásúlya (relatív molekulatömege) közötti összefüggést (Eötvös-féle törvény). (Simonyi, 1978), (https://hu.wikipedia.org/wiki/Eötvös_Loránd)

Vízfelvétel, vízfelvevőképesség

Megnézni: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/104-testsuruseg.pdf>

A vízfelvétel az anyag víztartalmának lehetséges legnagyobb értéke, anyagjellemző. A vízfelvétel az általában légköri nyomáson és a fokozatos víztelítés módszerével vízzel telített anyag pórusaiban lévő víz tömegének és a kiszáritott anyag tömegének a hányadosa. Tömegarány. Kifejezhető tömeg%-ban is. Jele: n vagy $n^{\text{tömeg\%}}$.

Ha az anyag vízfelvételét nem tömegarányban, illetve tömeg%-ban, hanem térfogatarányban, illetve térfogat%-ban fejezzük ki, akkor a látszólagos porozitást kapjuk. A térfogatarányban, illetve térfogat%-ban kifejezett vízfelvevőt nem feltétlenül nevezik látszólagos porozitásnak (például MSZ 18284-3:1979).

A vizsgálati minta vízzel való telítésének és kiszáritásának sorrendje nem közömbös. A kiszáritás a minta vízzel való telítése előtt vagy után végezhető.

- Például beton esetén a visszavont MSZ 4715-3:1972 szabvány és könnyű kőanyagok esetén az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány C melléklete szerint a kiszáritott állapotú próbatest vízfelvevését légköri nyomáson úgy kell meghatározni, hogy a próbatestet előbb ki kell szárítani, majd ezt követően kell vízzel kell telíteni. Ha a vízzel való telítésre a kiszáritás után kerül sor, akkor a vizsgálati anyag kezdeti víztartalmi állapotától függő sókiválás a vízfelvevő mértékét befolyásolhatja: a kiszáritás során a párolgó vízből – amely víz általában több-kevesebb oldott só-t tartalmaz – a sók kiválnak, és a kapillárisokban visszamaradva, azokban méret és egyéb változásokat okozhatnak.
- Ugyanakkor például az építési kőanyagok MSZ 18284-3:1979 szabványa szerint és durva (nem könnyű) kőanyagok esetén az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány B melléklete szerint, valamint az ISO 6783:1982 és ISO 7033:1987 vizsgálati szabvány szerint a kiszáritott állapotú minta vízfelvevését úgy kell meghatározni, hogy a mintát előbb vízzel kell telíteni, majd ezt követően kell kiszáritani. A betonok légritkított vagy túlnyomásos térben történő visszavont MSZ 4715-3:1972 szabvány szerinti vizsgálata során az eljárás sorrendje ugyanilyen. Ha a mintát előbb telítjük vízzel és azután szárítjuk ki, akkor a szárításkor esetleg bekövetkező sókiválás már nem befolyásolja a víztelítést, amely körülmény ennek a módszernek a követése mellett szól.

Az adalékanyag vízfelvevését az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány, a megszilárdult beton vízfelvevését az **MSZ EN 13755:2008** vagy a visszavont MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint lehet meghatározni.

A bazaltok vízfelvevétele általában kisebb, mint 1,0 tömeg%.

Az előregyártott beton- és vasbetonelemek vízfelvevétele általában kisebb, mint 6 tömeg%.

Walz (1956) a kísérletei során azt tapasztalta, hogy a beton vízfelvevétele és vízáteresztőképessége között nincs egyértelmű összefüggés, ezért a beton vízzárósága csak a nyomás alatti víz behatolási mélységének mértékével fejezhető ki (Bonzel, 1966).

Lásd még: Darcy-féle törvény, Kapilláris vízfelszívás, Vízzáróság

Vízfelvételi együttható

Lásd: Kapilláris vízfelszívási együttható

Víz-finomrész tényező

Lásd: Finompép

Víz hármaspontja

Lásd: Hármaspont

Vízigény

A vízigény az adalékanyag, a cement és a beton esetére külön értelmezendő fogalom.

- Az adalékanyag vízigénye a vizsgálati eljárás szerint nedvesített, adott szemmegoszlású (finomsági modulusú) adalékanyagban – adott idejű vibrálás után (lásd víztartókéesség) – megmaradt víz tömegének és az adalékanyag szemhalmaz tömegének hányadosa, amely az adalékanyag szemszerkezetétől (szemmegoszlás, szemalak és szeméresség) és agyag-izsaptartalmától függ. Tömegarány vagy tömeg%. Jele: v_a
- A cement vízigénye az őrlésfinomság, illetve a fajlagos felület függvényét képezi. Tömegarány vagy tömeg%. Jele: v_c
- A beton vízigénye az adott konzisztenciához szükséges keverővíz mennyisége, amely a beton összetételének, bedolgozhatóságának, az adalékanyag és a cement vízigényének a függvénye. Mértékegysége: kg/m^3

Lásd még: Adalékanyag pépigénye, Adalékanyag vízigénye, Cement vízigénye, Beton vízigénye, Lisztfinomságú szemek, Víztartókéesség

Vízigény hányados

A vízigény hányadoson az MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerinti szabványos folyósságú kötőanyagpép és cementpép víztartalmának hányadosát kell érteni. Például metakaolin esetén 85 tömeg% CEM I 42,5 N jelű cement + 15 tömeg% metakaolin összetételű kötőanyagkeveréken és 100 tömeg%-ban cementtartalmú kötőanyagon kell meghatározni. (MSZ 4798:2016/2M:2018)

Víz-igénybevételi osztály

Németül: Wasser-Beanspruchungsklasse

A német DAfStb WU-Richtlinie (2017) műszaki irányelv és a Zement-Merkblatt H 10:2019 „Wasserundurchlässige Betonbauwerke” műszaki útmutató két víz-igénybevételi osztályt ismer. **MEG KELL ÍRNI.**

Lásd még: Talajnedvesség

Vízkeménység

A víz keménységét fokban fejezik ki, és azt a vízben oldott alkáliföldfémionok (például kalcium, magnézium, bárium, stroncium) mennyisége határozza meg. A víz *összes keménysége* a változó és az állandó keménység összege. A *változó keménységet* karbonát-keménységnek is nevezik, és azt a vízben oldott kalcium-hidrogén-karbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) mennyisége határozza meg. A karbonát-keménység része az összes keménységnek. A karbonát-keménység forralással csökkenthető, mert forraláskor a hidrogén-karbonátok vízben oldhatatlan karbonátok formájában kiválnak. Az *állandó keménységet* a vízben oldott szulfátok (például kalcium-szulfát, CaSO_4 ; magnézium-szulfát, MgSO_4), kloridok (például kalcium-klorid, CaCl_2) és nitrátok (például kalcium-nitrát, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) okozzák, amelyek a vízből forralás hatására sem válnak ki.

A víz keménységét ma a korábbi német, angol, francia, amerikai vízkeménységi fok helyett általában az SI-mértérendszerben a víz alkáliföldfémion-tartalmával mol/liter , vagy kis koncentráció esetén mmol/liter (mmol/liter) mértékegységben fejezik ki.

Magyarországon a vízkeménység jellemzésére többnyire a német keménységi fokot használták. Jele Magyarországon: nk° , német nyelvterületen: $^\circ\text{dH}$. A víz 1 nk° keménységű, ha 10 mg/liter kalcium-oxiddal (CaO) egyenértékű kalciumvegyületet vagy $7,19 \text{ mg/liter}$ magnézium-oxiddal (MgO) egyenértékű magnéziumvegyületet tartalmaz. A kalcium-oxid relatív molekulatömege $40,08 + 16,00 = 56,1/\text{mol}$, amiből a moláris tömeg $56,1 \text{ g/mol} = 56,1 \text{ mg/mmol}$. Az egy liter vízben lévő 10 mg kalcium-oxid $10/56,1 = 0,178 \text{ mmol}$ -nak felel meg, tehát $1 \text{ nk}^\circ = 0,178 \text{ mmol/liter}$ és $1 \text{ mmol/liter} = 5,61 \text{ nk}^\circ$. Magnézium-oxid esetén ugyan erre az eredményre

jutunk, ugyanis a magnézium-oxid relatív molekulatömege $24,30 + 16,00 = 40,3/\text{mol}$ és moláris tömege $40,3 \text{ mg}/\text{mmol}$. Az egy liter vízben lévő $7,19 \text{ mg}$ magnézium-oxid $7,19/40,3 = 0,178 \text{ mmol}$ -nak felel meg, azaz $1 \text{ nk}^\circ = 0,178 \text{ mmol}/\text{liter}$.

Az 1°fH francia keménységi fokú víz $10 \text{ mg}/\text{l}$ kalcium-karbonátnak (CaCO_3) megfelelő mennyiségű kalcium- és magnéziumvegyületet tartalmaz. A kalcium-karbonát relatív molekulatömege: $40,08 + 12,01 + 3 \times 16,0 = 100,1/\text{mol}$, amiből a moláris tömeg $100,1 \text{ g}/\text{mol} = 100,1 \text{ mg}/\text{mmol}$. Az egy liter vízben lévő 10 mg kalcium-karbonát $10/100,1 = 0,100 \text{ mmol}$ -nak felel meg, tehát $1^\circ \text{fH} = 0,100 \text{ mmol}/\text{liter}$ és $1 \text{ mmol}/\text{liter} = 10,00^\circ \text{fk}$, továbbá $1^\circ \text{fH} = 0,561^\circ \text{dH}$.

A víz $0\text{--}4 \text{ nk}^\circ$ között nagyon lágy, $4\text{--}8 \text{ nk}^\circ$ között lágy, $8\text{--}18 \text{ nk}^\circ$ között közepesen kemény, $18\text{--}30 \text{ nk}^\circ$ között kemény, 30 nk° felett nagyon kemény.

Az SI-mértérendszerhez igazodva a víz keménységének a mértékét újabban mmol/liter függvényében is ki szokták fejezni.

- A víz lágy, ha az alkáliföldfémion-tartalom $0\text{--}1,25 \text{ mmol}/\text{liter}$ ($0\text{--}7 \text{ nk}^\circ$);
- kissé kemény, ha az alkáliföldfémion-tartalom $1,25\text{--}2,50 \text{ mmol}/\text{liter}$ ($7\text{--}14 \text{ nk}^\circ$);
- kemény, ha az alkáliföldfémion-tartalom $2,50\text{--}3,75 \text{ mmol}/\text{liter}$ ($14\text{--}21 \text{ nk}^\circ$) és
- nagyon kemény, ha az alkáliföldfémion-tartalom $3,75\text{--}5,00 \text{ mmol}/\text{liter}$ ($21\text{--}28 \text{ nk}^\circ$).

Svájcban például kicsinek általában a $\leq 1,5 \text{ mmol}/\text{liter}$, azaz a $\leq 8,41^\circ \text{dH}$ vízkeménységet, nagyak általában a $> 1,5 \text{ mmol}/\text{liter}$, azaz a $> 8,41^\circ \text{dH}$ vízkeménységet tekintik.

Az esővíz keménysége általában $(2\text{--}3) \text{ nk}^\circ$, tehát az esővíz nagyon lágy víz. A vízellátásban a nagyon kemény vizet központilag szokták lágyítani.

A víz keménységét az MSZ 448-21:1986 vagy az ASTM D 1126:2012 szabvány szerint lehet meghatározni.

Lásd még: Hidrogén-karbonát, Keménység

Víz-kötőanyag tényező

Hátha jó ide: Aßbrock 2007. DAfStb Heft 569.

Az európai és nemzeti betonszabványok feltételei mellett a trasz, kohósalak, savanyú pernye, savanyú szilikapor, metakaolin II. típusú kiegészítőanyagokat a víz-cement tényezőben számításba szabad venni. Ebben az esetben a víz-cement tényező helyettesíthető a „víz/(cement + $k \times$ kiegészítőanyag) tényező”-vel, amelyet „víz-kötőanyag tényező”-nek (esetleg „víz/kötőanyag tényező”-nek, ekvivalens víz-cement tényezőnek, víz-cement tényező egyenértéknek) nevezünk. A víz-kötőanyag tényező nevezőjében lévő mennyiség „fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom”. A „ k ” tényező értékéről a betonszabványok (például MSZ 4798:2016, DIN 1045-2:2008, NF EN 206-1/CN) intézkednek.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány 5.2.5.2.1. szakaszában bizonyos II. típusú kiegészítőanyagok adagolása esetén a k -érték figyelembevételével megengedik az előírt (megengedett) legkisebb cementtartalom ($c_{\min}$) csökkentését, az előírt legkisebb cementtartalom helyébe az előírt legkisebb kötőanyagtartalom lép. Például, ha az $1,0 \text{ m}^3$ betömörített friss beton előírt cementtartalma $c_{\min} = 300 \text{ kg}$, akkor a megengedett legnagyobb ($11 \text{ tömeg}\%$) szilikapor adagolás esetén (ha, $k = 2$) a megkövelt tényleges cementtartalom $c_{\min, \text{tényleges}} = 246 \text{ kg}$ -ra csökken, ugyanis az előírt kötőanyagtartalom (kötőanyag-egyenérték): $c_{\min, \text{tényleges}} + 2 \times 0,11 \times c_{\min, \text{tényleges}} = 300$, amiből $c_{\min, \text{tényleges}} = 300/1,22 = 246 \text{ kg}$, a szilikaportartalom $0,11 \times 246 = 27 \text{ kg}$, és a tényleges kötőanyagtartalom $246 + 27 = 273 \text{ kg}$.

Figyelem: Az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint 2. osztályú szilikapor esetén $k = 1,0$ értéket kell alkalmazni.

A példa szerinti cementtartalom csökkentéssel élve ugyanazon vízadagolás mellett a víz-kötőanyag tényező értéke egyenlő a víz-cement tényező megengedett értékével, mert például,

ha a vízadagolás 165 kg, akkor a víz-cement tényező $0,55 = 165/300$, és a víz-kötőanyag tényező szintén $165/(246 + 2 \times 27) = 165/300 = 0,55$, hiszen a nevezők értéke változatlan.

Abban az esetben, ha a cementtartalmat a II. típusú kiegészítőanyag adagolást figyelembe véve nem csökkentjük, akkor a víz-cement tényező és a víz-kötőanyag tényező értéke eltérő. Ha a fenti példa szerint a vízadagolás 165 kg, cementtartalom 300 kg és a víz-cement tényező $165/300 = 0,55$, akkor a víz-kötőanyag tényező például szilikapor adagolás esetén $165/(300 + 2 \times 0,11 \times 300) = 165/366 = 0,45$, és a szilikaportartalom $0,11 \times 300 = 33$ kg, a kötőanyagtartalom pedig 333 kg.

Megjegyzés: Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a cementtartalmat legfeljebb 30 kg/m^3 értékkel szabad csökkenteni az adott környezeti osztályban megkövetelt legkisebb cementtartalom alá.

A víz-kötőanyag tényező jele: x_{eq} vagy $x_{\text{kötőanyag}}$

Lásd még: Fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom, k -érték elve

Víz+levegő—cement tényező

A víz+levegő—cement tényező (r) az $1,0 \text{ m}^3$ betömörített friss betonban lévő hatékony víz térfogatának ($v_{\text{víz}}$, liter/ m^3) és a levegő térfogatának ($v_{\text{levegő}}$, liter/ m^3) összege a cement tömegéhez (m_{cement} , kg/ m^3) viszonyítva, más szóval a víz-cement tényező (x) és a levegő-cement tényező ($x_{\text{levegő}}$) összege:

$$r = \frac{v_{\text{víz}} + v_{\text{levegő}}}{m_{\text{cement}}} = \frac{v_{\text{víz}}}{m_{\text{cement}}} + \frac{v_{\text{levegő}}}{m_{\text{cement}}}$$

Vízmeztartóképeség

A vízmeztartóképeség fogalma nem tévesztendő össze a víztartóképeség fogalmával.

A vízmeztartóképeség az a legnagyobb vízmennyiség, amelyet a friss habarcs vagy a friss beton szétosztályozódás és vérzés nélkül meg tud tartani. A vízmeztartóképeség elsősorban az adalékanyag szemmegoszlásától és agyag-iszaptartalmától függ.

Lásd még: Víztartóképeség

Vízoszlopnymás

A H_2O mm nyomásegység (vízoszlopnymás) egyetlen mértékrendszernek sem egysége.

1 vízoszlop-milliméter nyomást fejt ki az $1,0 \text{ mm}$ magasságú vízoszlop, ha a külső nyomás $1,0 \text{ atm}$ (fizikai atmoszféra), azaz $\sim 0,1 \text{ N/mm}^2$.

$1 \text{ H}_2\text{O mm}$ (vízoszlop-milliméter) = $1,0 \text{ kp/m}^2$ (m-kp-s mértékrendszerben) = $9,81 \text{ N/m}^2$ (SI-mértékrendszerben) = 10^{-4} at (technikai atmoszféra).

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a betont

- ha vízoszlopnymása $> 100 \text{ mm}$ és $< 2000 \text{ mm}$, akkor XV1(H) környezeti osztályba,
- ha vízoszlopnymása $\geq 2000 \text{ mm}$ és $\leq 10000 \text{ mm}$, akkor XV2(H) környezeti osztályba,
- ha vízoszlopnymása $> 10000 \text{ mm}$, akkor XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Nyomás nélkülinek tekintjük a vizet, ha vízoszlopnymása $\leq 100 \text{ mm}$ (Lohmeyer et al., 2009), ilyen esetben a nedves közegbe ágyazott (például talajvízszint felett a talajba kerülő) betont vízfelvétele alapján az MSZ 4798:2016/2M:2018, illetve MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerinti XV0(H), illetve XV1(H)/V0 környezeti alosztályba soroljuk. Az XV1(H)/V0 környezeti alosztály általában más környezeti osztállyal társítva a földdel egy oldalon érintkező szerkezetek vízfelvétel korlátozására is alkalmas lehet.

Vízpróba

Lásd: Térfogatállandóság

Víztartókéesség

A víztartókéesség fogalma nem tévesztendő össze a vízmegtartókéesség fogalmával.

A víztartókéesség az adalékanyag és a beton, illetve habarcs esetére külön értelmezendő fogalom (Ujhelyi 1989 és 2005).

- Az adalékanyag víztartókéessége az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása után a vizsgálati eljárás szerint nedvesített, adott finomsági modulusú adalékanyagban a vízigénynek nevezett vízmennyiség marad.
- A beton, illetve habarcs víztartókéessége az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása során az adott konzisztenciájú betonból a víz vagy a cementpép elkezd kifolyni.

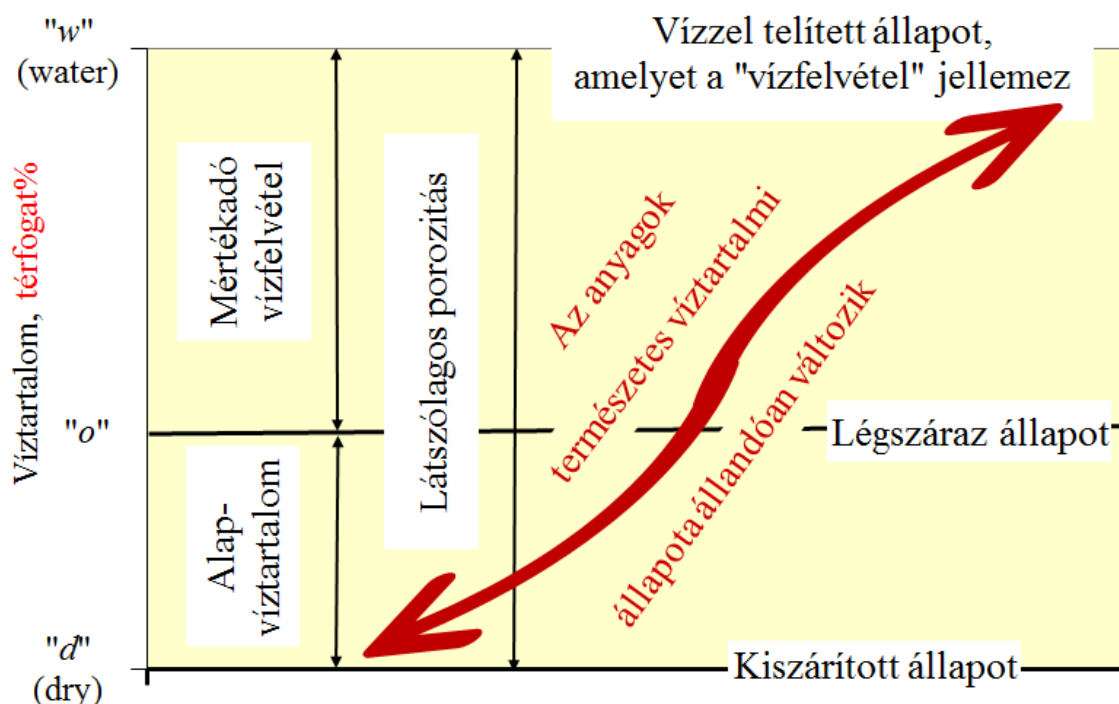
A víztartókéesség jele: k_v . Mértékegysége: s

Lásd még: Adalékanyag pépigénye, Adalékanyag víztartókéessége, Beton víztartókéessége, Vízigény, Vízmegtartókéesség

Víztartalmi állapot

Az anyag víztartalmi állapota kiszárított, vízzel telített és légszáraz lehet. Kiszárított állapotban az anyagnak nincs víztartalma. Vízzel telített állapotban az anyag víztartalma a lehetséges legnagyobb, ezt vízfelvételnek nevezzük. A vízfelvétel anyagjellemző. Légszáraz állapotban az anyagnak úgy nevezett alapvíztartalma van, amelynek értéke pillanatnyi, a tárolási, környezeti körülményektől függ, ezért nem anyagjellemző, hanem állapotjellemző. A vízfelvétel és az alapvíztartalom különbségét mértékadó vízfelvételnek nevezzük, ez a légszáraz anyag vízfelvelele, amely pillanatnyi érték, állapotjellemző és nem anyagjellemző.

A víztartalmi állapotokat az 1.34. ábrán szemléltetjük.



1.34. ábra: Víztartalmi állapotok

Lásd még: Víztartalom

Víztartalom, nedvességtartalom

Az anyag hidrotechnikai állapotjellemzőinek egyike. Minthogy értéke egy pillanatnyi állapothoz tartozik, kifejezett anyagjellemzőnek nem tekinthető. A víztartalom az adott

időpontban az anyag pórusaiban lévő víz tömegének és a kiszáritott anyag tömegének hányadosa. Tömegarány. Kifejezhető tömeg%-ban is.

Vannak tudományágak, szabványok (például MSZ 18284-3:1979, MSZ EN 1353:1999), amelyekben a víztartalmat, a vízfelvételt nemcsak tömeg%-ban, hanem térfogat%-ban is kifejezik, vagy csak térfogat%-ban fejezik ki (lásd az 1.34. ábrát).

Az adalékanyag víztartalmát az MSZ EN 1097-5:2008 szabvány, a megszilárdult beton víztartalmát a visszavont MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint lehet meghatározni. Némely gyakorlati esetben előfordul, hogy az anyag pórusaiban lévő víz tömegét nem a kiszáritott, hanem a vizes anyag tömegére vonatkoztatják, amit adatközléskor a félreértések elkerülése érdekében feltétlenül ki kell hangsúlyozni (például annak a pernyének, amelynek a kiszáritott pernye tömegére vonatkoztatott víztartalma mintegy 48 tömeg%, a vizes pernye tömegére vonatkoztatott víztartalma mintegy 32 tömeg%).

Beírni, ami a DAfStb Heft 604. Szerző: Spörel kiadványból ide vág.

Lásd még: Víztartalmi állapot

Vízügyi Közlemények

A Vízügyi Közlemények hazánk legrégebbi vízügyi szakfolyóirata. Jogelődje, a Kultúrmérnöki Jelentések 1879-ben jelent meg. A lapot Kvassay Jenő alapította és szerkesztette a magyar műszaki irodalom ápolása, a vízi munkálatok ismertetése és a velük kapcsolatos tudományos, gyakorlati-mérnöki, közgazdasági, illetve jogi kérdések megvilágítása céljából. 11 év után a folyóiratot átnevezték és 1890-től Vízügyi Közlemények elnevezéssel adták ki.

1879 óta összesen 342 rendes és 24 külön füzet, illetve kötet jelent meg, csaknem 60 ezer oldal terjedelemben. Jelentőségét azonban nem ezek a számadatok mérik, hanem a folyóirat tartalma. A lap tanulmányait a magyar vízgazdálkodás célkitűzéseinek megfelelően állították össze úgy, hogy az a vízimérnökök és a vízgazdálkodással foglalkozó egyéb szakemberek széles körű munkájához és a gazdasági szakemberek tevékenységéhez mindenkor hasznos, tapasztalatokra épített tanácsokat adjon. A Vízügyi Közleményekben megjelent tanulmányok tárgykörei: hidrológia, hidraulika, hidrogeológia, talajmechanika, vízkémia, amelyek az alaptudományokhoz; az árvízmentesítés és -védelem, vízrendezés és vízszabályozás, szennyvíz-elvezetés és -kezelés, víztisztítás és vízellátás, vízhasznosítás, vízvédelmek, vízepítés, vízgazdálkodás és gazdaságtana, valamint a vízjog, melyek a gyakorlati vízmérnöki tevékenységekhez szükséges ismeretek fejlesztését segítik és szolgálják. Nincs a vízgazdálkodásnak és vízepítésnek olyan ága, amelyekkel a Vízügyi Közlemények ne foglalkozott volna.

A Vízügyi Közlemények megjelenése 1919-1922 és 1924-1927 között szünetelt. 2005 óta – pénzügyi források hiányában – szintén nem jelent meg (kivéve a 2005. évi Balaton-különszámot és a 2013. évi dunai árvízi különszámot).

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság 2020-tól újra indította e nagy múltú folyóiratot. A Vízügyi Közlemények az eredeti, 140 évvel ezelőtti koncepció mentén született újjá. Lényeges változás, hogy az egyes folyóirat számok színes kiadásban, nyomtatott és digitális formában jelennek meg.

Forrás:

https://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_content&task=view&id=1145&Itemid=74

Vízzáróság, Vízzáró beton

Meg kell írni.

DAfStb Heft 555. meg van nekem.

DAfStb WU-Richtlinie:2017

Szólni kell az XV1(H)/V0 környezeti alosztályról, lásd Probléma-Nemes-botond-20230107
A 2023. évi Beton-Kalender könyv egyik főtémája a vízzáróbeton, MEGVETTEM

A beton vízzárósági osztályba sorolásának feltétele:

$$v_{z\text{test}}(H) \leq v_z(H), \text{ ahol:}$$

$v_{z\text{test}}(H)$ = a vízbehatolás MSZ EN 12390-8:2019 szabvány szerint mért legnagyobb egyedi mélysége, mm

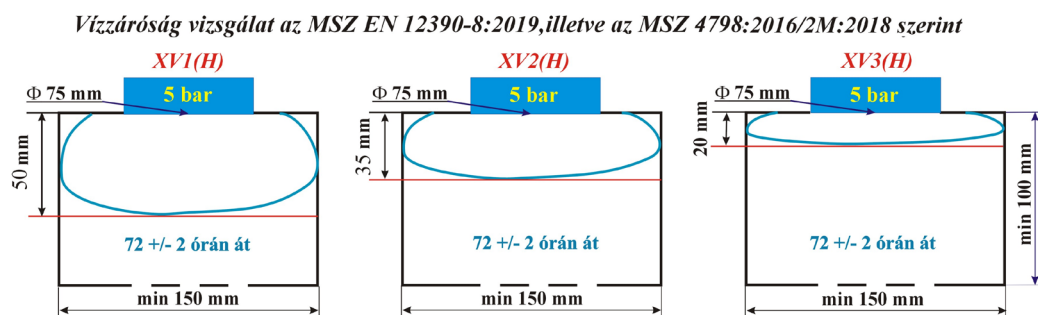
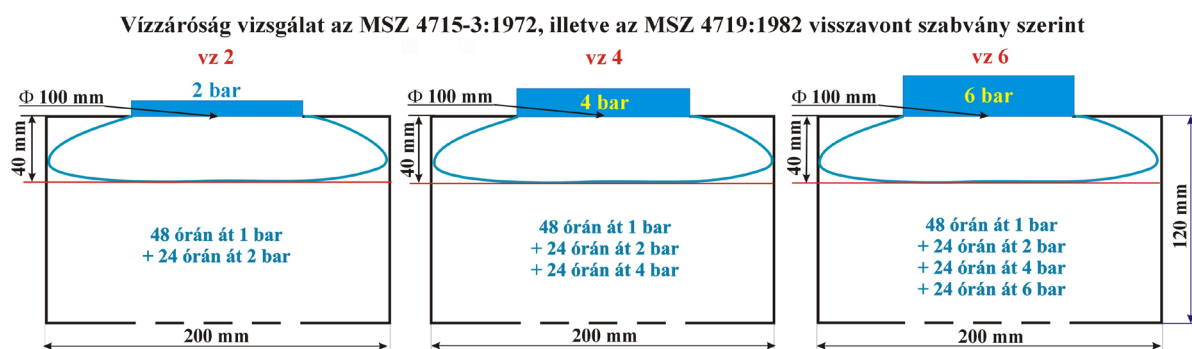
$v_z(H)$ = a vízbehatolás MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint megengedett legnagyobb egyedi mélysége legalább három próbatesten vizsgálva, mm

XV1(H) környezeti osztály esetén: $v_z(H) = 50$ mm ($v_{z50}(H)$ vízzárósági osztályú beton)

XV2(H) környezeti osztály esetén: $v_z(H) = 35$ mm ($v_{z35}(H)$ vízzárósági osztályú beton)

XV3(H) környezeti osztály esetén: $v_z(H) = 20$ mm ($v_{z20}(H)$ vízzárósági osztályú beton)

Az európai szabványok bevezetése előtt a vízzáróságot a visszavont MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint vizsgáltuk, és a betont vízzárósága szerint a visszavont MSZ 4719:1982 szabvány szerint soroltuk vízzárósági fokozatba (*Vízzárósági ábra*).



5 bar víz-túlnyomás = 5 att = 6 ata 5 bar = 50 H₂O m = 50 N/cm² = 0,5 MPa = 0,5 N/mm²

Vízzáróság ábra: A beton vízzáróság vizsgálata és vízzárósági osztálya

Figyelemre méltó az 1.5.VI. táblázat, amelyben a hidrotechnikai behatolásnak gyengén ellenálló betonok jellemzőit hasonlítjuk össze

1.5.V1. táblázat: A hidrotechnikai behatolásnak gyengén ellenálló betonok jellemzőinek összehasonlítása

A hidrotechnikai behatolásnak gyengén ellenálló betonok jele	
$v_{z0}(H)$	$v_{z50}(H)$
Nem vízzáró, hanem nedvességbehatolásnak ellenálló beton	Gyengén vízzáró beton
A hidrotechnikai behatolás megengedett legnagyobb mélysége	
MSZ EN ISO 15148:2003 szabvány szerint	MSZ EN 12390-8:2019 szabvány szerint

meghatározott vízfelvételi együttható (kapilláris vízfelszívási együttható) $W_{wt} \leq 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$ (MSZ 4798:2016/4M:2023)	vizsgálva 5 bar víz-túlnyomás esetén a <i>vízbehatolás</i> megengedett legnagyobb egyedi mélysége legfeljebb 50 mm (MSZ 4798:2016/2M:2018)
Környezeti osztály, amelyben a hidrotechnikai behatolásnak gyengén ellenálló beton alkalmazható	
Ha a betonra <i>vízoszlopnnyomás nem hat</i> (a vízoszlopnnyomás $\leq 100 \text{ mm}$ /Lohmeyer et al., 2009/), de a beton környezete nedves (talajnedvesség)	Ha a betonra ható <i>vízoszlop nyomása:</i> $> 100 \text{ mm}$ (Lohmeyer et al., 2009) és $< 2000 \text{ mm}$
XV0(H) (MSZ 4798:2016/2M:2018) értelmes intézkedés	XV1(H) (MSZ 4798:2016)
XV1(H)/V0 (MSZ 4798:2016/4M:2023) értelmetlen intézkedés	
A beton vasbeton készítésére	
alkalmas	alkalmatlan
Az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$) a szerkezeti osztálytól függően	
„C” erősségű környezeti hatásnak kitett - vasbetonszerkezetek esetén: $c_{\min, \text{dur}} = 10\text{-}35 \text{ mm}$; - feszített vasbetonszerkezetek esetén: $c_{\min, \text{dur}} = 20\text{-}45 \text{ mm}$	em értelmezhető

Vizsgálati adag

Lásd: Egyedi vizsgálati minta

Vizsgálati minta, minta

Lásd: Minta, vizsgálati minta

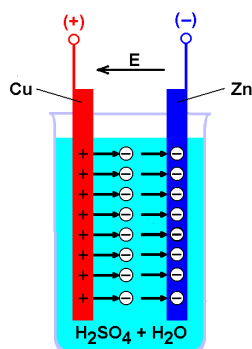
Vlies-anyagok

A vlies (kiejtése: flíz) műszálfátyolnak is nevezhető anyag. (lásd az Arcanum letöltéseket)

A vlies a többnemű textilanyagok közé tartozó, hajlékony, pórusos, sík felületű készítmény, amely nem a hagyományos szövetkészítéssel lánc- és vetülékfonalakból, és nem hurkolással, hanem szálfátyolok rögzítésével készül. A szálfátyolok természetes vagy szintetikus, szerves vagy ásványi textilszálakból állnak, amelyek összetétele általában olyan, hogy a szálaknak saját tapadásuk van. Az egyedi szálak lehetnek irányítottak vagy irányítatlanok (kuszált szálú vliések). (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Textil

Volta-elem



Meg kell írni, innen: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>

Ezt át kell fogalmazni, például (*Neumüller szerk., 4. kötet, 1984*) alapján:

Hígított kénsavval töltött üvegedénybe egy-egy cink- és rézelektrodát helyeznek el. A rézelektrodából – vegyi hatás következtében – elektronok lépnek ki a kénsavba, tehát pozitív töltésűvé válik. A cinkelektroda felületén ennek fordítottja játszódik le, vagyis az elektronok a kénsavból lépnek át, tehát itt elektrontöbblet keletkezik, azaz negatív töltésű lesz. Az elektrodok töltései kiegyenlítődni igyekeznek, ezért az elektrodok között feszültség mérhető. (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Galv%C3%A1nelem>) A *Volta-elem feltalálója gróf Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta* (1745-1827) olasz fizikus, az elektromos áram elméletének kidolgozója.

Ajánlott olvasmány: <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/178-femkorrozio.pdf>

Lásd még: Oldásenzio

Völgyzárógátbeton

A gátfalak a víznyomást gravitációs falként az altalajba, illetve a völgyoldalon boltíves (íves) falakként túlnyomóan a kőzetbe terelik, 8.2-6. ábra. Ezeket mindig megerősítés nélkül hajtják végre. A vasbeton szabályai csak a pillérfejfalakra vonatkoztak, amelyek ma már nem gazdaságosak a zsaluzás és a vasalás nagy erőfeszítései miatt. Minden más esetben minden fellépő erőt egyedül a betonnak kell felvennie.

A gravitációs gátak külföldön is úgy készülnek, hogy a betont a földgátak töltőrétegeihez hasonlóan nagy területen helyezik el, és vibrációs hengerekkel tömörítik. Ezt az építési módot, amely természetesen vasalatlan, hengerelt betonnak (hengerbetonnak vagy hengeres tömörített betonnak) nevezzük, lásd a 6.7.3. A vibrált betonhoz képest a hengerelt beton nem tagadható meg valamivel durvább jelleggel. Nagy odafigyelés szükséges az egymásra helyezett rétegek megfelelő ragasztásához. Ha víznyomással kell számolni, akkor a vízoldalra rezgőbeton héjat kell elhelyezni, mert a vízszintes építési hézagok vízáteresztő hibái aligha kerülhetők el.

A gyakran egymillió köbméter beton feletti gátakban a magas technológiai követelmények, mint például a jó megmunkálhatóság alacsony cementtartalmat követelnek meg a repedésveszély miatt.

A hőmérsékletváltozások, az alacsony vízbehatolási mélység és a magas fagyállóság speciális előzetes vizsgálatokat igényel. A cementet, a puccolán adalékokat és adalékanyagokat gondosan kell kiválasztani, és gyakran további létesítményeket igényelnek a gyártó üzemekben és a feldolgozás során. Mindig szükség van több éves átfutási időre, amely alatt a megrendelő speciális szakértők közreműködésével elvégzi a szükséges laboratóriumi vizsgálatokat az alapanyagokon, és meghatározza az elérhető, illetve elvárt betontulajdonságokat [Springenschmid 87/2]. Ez magában foglalja a felügyeleti hatóságokkal való korai egyeztetést is.

8.2.2.2 Betonösszetétel

Az alacsony cementtartalom és ezáltal az alacsony hőtermelés érdekében nagy előnyt jelent, ha nagyon durva adalékanyagok is rendelkezésre állnak. Feldolgozhatósági okokból a maximális szemcseméret 125 mm-re korlátozódik

A burkolóbeton gyakran 63 vagy 80 mm. Az ilyen nagy maximális szemcseméretű betont 300 mm-es kockákkal vagy $200 \times 200 \times 600$ mm³-es gerendákkal vizsgálják próbapréseken, ennek megfelelően nagyobb terhelési tartományban.

A körülbelül 75 mm-nél vagy 50 mm-nél nagyobb durva szemcséket kell kiválasztani vagy szitálni a betonmintákból. A levegőtartalom mérésére 25 literes tesztedények állnak rendelkezésre.

Az a vita, hogy a Zillergründl gátat portlandcementből és pernyéből vagy vas portlandcementből (ma CEM II-B) kell-e építeni, oda vezetett, hogy a repedések elkerülése érdekében az általuk okozott feszültségeket nem vették számításba. egy alap, vö. 3.6.4. Ez azt is megakadályozta, hogy a versengő cementeket túl durvára őröljék ahhoz, hogy rendkívül alacsony, 7 napos hidratációs hőt érjenek el. Az osztrák gátakon 1975 óta csak kötőanyagot használnak, ennek kétharmada kifejezetten tömegbetonhoz kifejlesztett portlandcement volt, amelyet a gyárban vagy az építkezés közelében pernyével keverték össze. Más elérhető puccolán anyagokat vagy kohócementeket is használnak más országokban. A pernyével szerzett kedvező tapasztalatok a következők: Ez annak is betudható, hogy a vele készített beton kevésbé érzékeny a repedésre, még akkor is, ha csak mérsékelt utókezelési követelmények teljesíthetők.

Alacsony cementtartalom csak akkor használható, ha a betonszilárdság eltérése nagyon kicsi. Ennek előfeltétele egy nagyon kis ingadozási tartomány mindenki tulajdonságaiban

Kiindulási anyagok és a keverékarányok nagyon precíz mérése automatikus korrekcióval, valamint a hibás keverés automatikus kiküszöbölése. A homok 0/1 szemcseösszetétele különösen fontos az egyenletes konzisztencia és a levegőtartalom alacsony ingadozása érdekében. Ezért elengedhetetlen a homok előkészítése a legfinomabb szemcsékhez, például osztályozó tartály segítségével, lásd a 2.4-2. ábrát.

A friss betont pl. B. 12 °C-ra hűtjük, ami nemcsak a hőmérsékleti repedések elkerülése érdekében fontos, hanem hozzájárul a nagyon egyenletes állag eléréséhez is, vö.

Szakasz

8.2.2.3 Telepítés és utókezelés

a betonból

Az osztrák gátokban sok éves tapasztalat után a betonozótömbök méretét akár 20×40 m² alaprajzi területre növelték, és tömbmagasságokat (betonozási szakaszokat) választottak.

4 m-ig A betont frissen, kb. 50 cm vastag rétegben kell beépíteni. Ha a rétegek túl vastagok, fennáll annak a veszélye, hogy a maradék levegő már nem tud teljesen távozni rázásakor [Huber 97]. Miután a beton megszilárdult, három napig hideg vízzel permetezzük, hogy eltávolítsuk a hidratálás hőjét, és nulla feszültség hőmérsékletet érjünk el, amely nem túl magas. A vízszintes építési hézagokban elhelyezett hűtőcsövek az első napokban nemigen tudják elvezetni a hidratálás hőjét. Fő céljuk, hogy az első hónapokban olyan mértékben lehűtsék a betont, hogy a tömbök közötti függőleges hézagokat le lehessen nyomni anélkül, hogy attól kellene tartaniuk, hogy később kihülve újra kinyílnak. A gátbetonnak maximum 25 K-val kell felmelegednie a cement hidratációja miatt. A repedésveszély szempontjából a hőmérséklet-emelkedés értékelésekor figyelembe kell venni a beton nulla feszültségi hőmérsékletét, hőtágulási és rugalmassági modulusát, valamint hődiffúzivitását és a friss beton hőmérsékletét, lásd 5.10. A hőmérsékleti görbe ezen információk alapján és az uralkodó léghőmérséklet és szélviszonyok vagy a hőleadás becslése után számítható ki [Springenschmid 87]. Ez

elősegíti a beton és a közet altalaj, valamint a betontömb és az elötömb közötti megengedett legnagyobb hőmérséklet-különbségek teljesítését, amelyek általában a repedések elkerüléséhez szükségesek. A

A zero feszültség-hőmérséklet különösen a peremterületen alacsonyan tartható a betonfelület korai lehűtésével, ami különösen fontos, ha fennáll annak a veszélye, hogy a beton a napsugárzás miatt további felmelegedést okoz. A vízszintes építési hézagok jó tapadása érdekében be kell tartani a 11.5.2. szakaszban meghatározott szabályokat. Először egy 10-20 cm vastag, lágy konzisztenciájú, 125 mm-es maximális szemcseméret helyett csak 32-es betonréteg kerül beépítésre. Ugyanez vonatkozik a szikla érintkezési felületére is. Különleges körülmények között, pl. B. a téli szünetben az is hasznos lehet, ha vastag hőszigetelő réteg lerakásával védjük a már megszilárdult betont a túlzott lehűléstől. 8.2-7 ábra: Betonszerelés a Zillergründl boltíves gátnál a kábeldaru 9 m³-es kanálával. (Springenschmid, 2007 és 2018)

Lásd még: Tömegbeton

Vulkanizálás

Eljárás a túlnyomórészt képlékeny állapotú kaucsuk átalakítására rugalmas állapotúvá, háromdimenziós térhálósítással, úgy nevezett vulkanizálószerekkel, főképp kénnel, miközben a kettős kötések felszakadnak és kénhidakkal a szomszédos molekulához kapcsolódnak. (Neumüller szerk., 4. kötet, 1984)

Lásd még: Elasztomer, Gumi, Kaucsuk

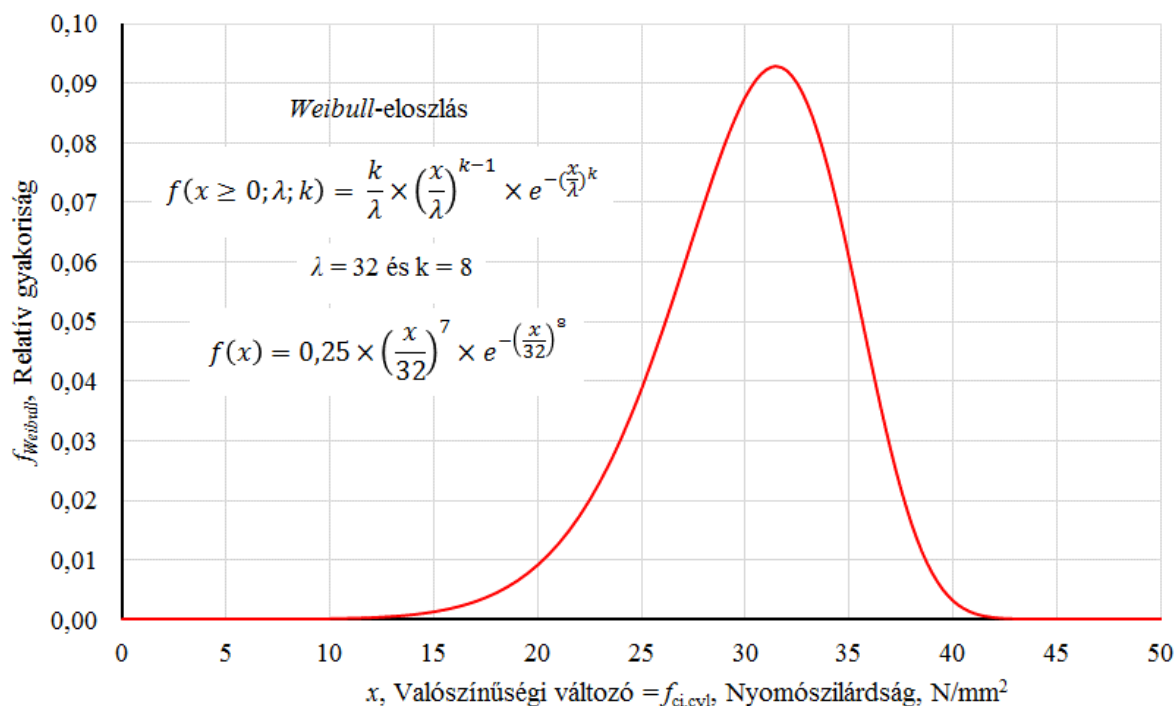
Weibull-eloszlás

A matematikai statisztika egyik legnépszerűbb, a mérnöki tudományokban is szívesen alkalmazott modellje az extrémérték-eloszlások (más szóval: extrémális-eloszlások) családjába tartozó Weibull-féle valószínűségi eloszlás, amelyet III. típusú extrémérték-eloszlásnak is neveznek, és amely lényegében azonos a Rosin-Rammler-Sperling-Bennett-eloszlással, röviden RRSB-eloszlással (Rinne, 2009), (visszavont MI 17098:1974).

A Weibull ábrán példaképpen a

$$w_a(x|a; b; c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c} = \frac{8}{32} \times \left(\frac{x}{32}\right)^7 \times e^{-\left(\frac{x}{32}\right)^8}$$

alakú $a = 0$, $b = \lambda = 32$ és $c = k = 8$ paraméterű alsó Weibull-eloszlás sűrűségfüggvénye látható, amely e függvényállandók esetén balra ferde (negatív ferdeségű). Megjegyezzük, hogy irodalomban a c alakparamétert sokszor k betűvel, a b skálaparamétert sokszor λ -val, a $b = \lambda$ skálaparaméter reciprokát pedig α -val jelölik.



Weibull ábra: Az alsó *Weibull*-eloszlás balra ferde (negatív ferdeségű) sűrűségfüggvénye $a = 0$ helyparaméter, $b = \lambda = 32$ skálaparaméter és $c = k = 8$ alakparaméter mellett

Mistéth Endre (1974, 1977, 2000, 2001) tanulmányaiban arról írt, hogy a terhek maximumainak eloszlásfüggvénye a felső extrémérték-eloszlást, a teherhordó anyagok tulajdonságai minimumainak eloszlásfüggvénye az alsó harmadik extrémérték-eloszlást követi. *W. Weibull* kísérletei alapján a rideg anyagok, mint például a nagyobb szilárdságú betonok nyomószilárdságának az eloszlására – a más kutatók által javasolt három alsó extrémérték-eloszlásfüggvényből – az alsó III. *Weibull* extrémérték-eloszlás bizonyult igaznak.

Megjegyzés: *Mistéth* az extrémérték-eloszlást extrémális-eloszlásnak, az alsó III. *Weibull*-eloszlást alsó második extrémális-eloszlásnak nevezte.

A *Weibull*-eloszlás tulajdonságait és alkalmazását a beton-nyomószilárdság ferde eloszlásának kifejezésére [könyvünk 1.6.4.4. fejezetében](#) tanulmányozzuk.

Lásd még: Extrémérték-eloszlás, Ferdeség, Lapultsági együttható, Módusz, *Rosin-Rammler-Sperling-Bennett*-eloszlás, Standardizálás

White Concrete

A „fehérbeton” (White Concrete) alapvetően hasonlít a hagyományos betonhoz, azzal a különbséggel, hogy szürke színű cement helyett fehér színű portlandcementből és fehér kiegészítőanyagokból, valamint szokásos színes adalékanyagokból, például homokból és kavicsból készül.

A fehér portlandcementet az teszi fehérré, hogy sokkal kisebb a szürke színt okozó vas-oxid- és mangán-oxid-tartalma, mint a hagyományos cementeknek.

A fehérbetont elsősorban díszítő cézzal alkalmazzzák, például építészeti domborművek, szobrok, járdák, úszómedencék stb. készítésére.

Itt lehetne még további példákat találni:

https://www.google.com/search?sca_esv=566099482&q=%22White+Concrete%22&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKewi4spfQk7KBAXVg_rsIHUjnCXAQ0pQJegQICBAB&biw=2154&bih=882&dpr=1

White Topping

Lásd: Vékonybeton kopóréteg (szőnyeg) burkolaton

Woodfordit vegyes kristály

Lásd: Taumazit

Wöhler-görbe

Meg kell írni.

Lásd. Palotás I. kötet és II. kötet

DAfStb Heft 618. Szerző. Marx et al. helyzetelemzésnek például a 23. oldala

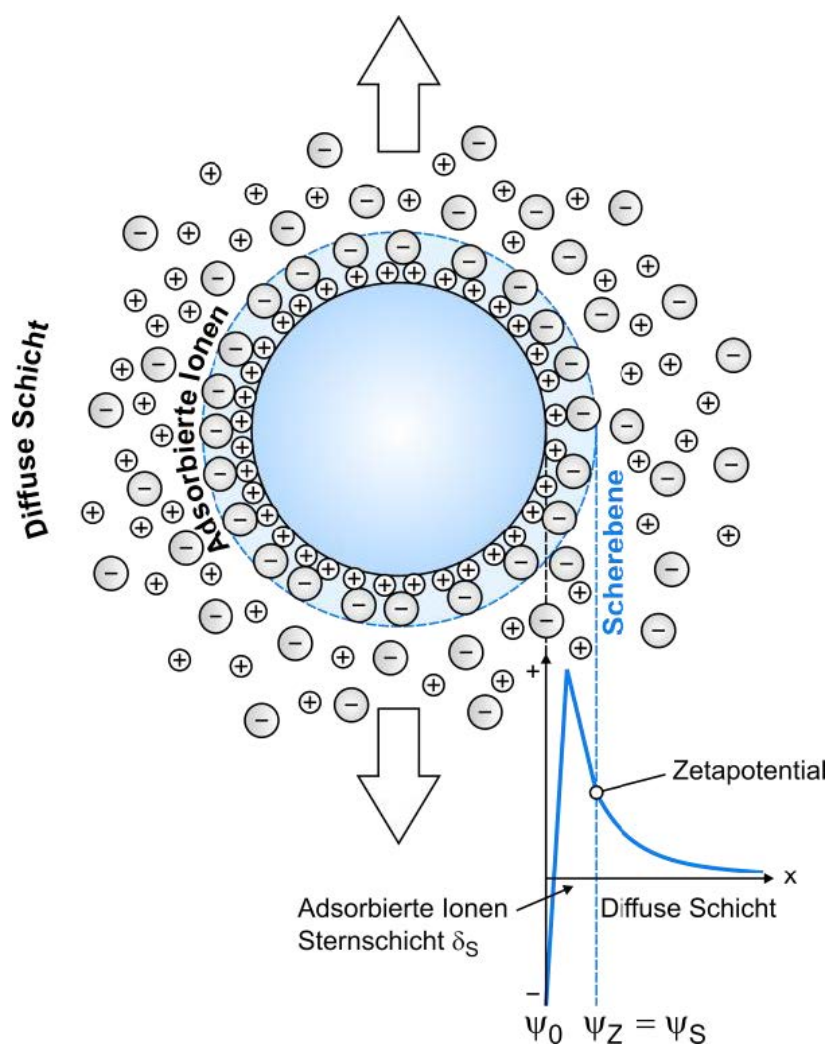
Lásd még: Fáradás (ez sincs megírva)

Xylolith

Lásd: Magnézia cement

Zeta-potenciál, Zéta-potenciál

Meg kell írni a pdf-ben letöltött Lowke disszertáció 21. oldalán kezdődő fejezete alapján



1.5.Z1. ábra: A zéta-potenciál ábrázolása
D. Lowke (2013) disszertációjában

Zöldbeton

Zöldbetonnak a beépített és betömörített, de még kötés előtt lévő friss betont nevezik, amelynek „zöltszilárdsága” (mintegy 0,1-0,3 N/mm², legfeljebb 0,5 N/mm²) nem a hidratáció, hanem a cementpép reológiai folyáshatárának és adhéziós erejének tudható be.

Idegen nyelven az öko-betont is sokszor zöldbetonnak nevezik (például angolul: green concrete)

Lásd még: Cementpép kötési folyamata, Cement hidratációja

Zsalukő

Németül: Schalungsstein, Schalstein

A betonzsalukő olyan függőleges nyílással vagy nyílásokkal készített előregyártott falazóelem, amelynek függőleges nyílása vagy nyílásai az építéshelyen monolit betonnal tölthetők ki, és amely egy vagy több vízszintes nyílást is tartalmazhat a betonacél számára.

A zsalukövek általában szokásos (normál) betonból (1.5.Zs1. ábra) vagy könnyűbetonból készülnek.



1.5.Zs1. ábra: Szokásos (normál) betonból készített zsalukövek a gyártótéren

A betonzsalukövek magassága általában 17,5 – 25,0 cm, hossza általában 10 – 49 cm. A hosszúságtól függően körülbelül 65-250 liter kitöltő beton szükséges egy négyzetméter falfelületre.

A zsaluköveket, mint elveszett zsalurendszert, általában szárazon (habarcsréteg nélkül) rakják. A zsalukövek fő alkalmazási területe a pincefalépítés. A teraszok, töltések is biztosíthatók vele, támfalak is építhetők belőle. Jó szolgálatot tesznek a földrengés-veszélyes területeken is, ahol a természetes falazókövek közötti habarcs kötőereje nem tűnik elegendőnek.

A zsalukövekből épített felmenő falakat a tetszetős megjelenés érdekében utólag beszokták

vakolni, festeni vagy burkolni.

Megjegyzendő, hogy vannak polisztirolból készülő zsalublokkok is, amelyek például úszómedencék építésére használhatók. A polisztirol keményhabból készült könnyű zsalublokkok hőszigetelőképesége nagyon jó.

Lásd még: Kettősfalú elem

Zsaluzat

Építéshelyen egyedileg összeállított formarendszer monolit beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek, szerkezeti elemek készítéséhez.

Lásd még: Sablon, Zsebes zsaluzat

Zsebes zsaluzat

A zsebes zsaluzat a beton- és vasbetonfalak teljes keresztmetszetén átmenő hibahelyek javításához készülő, két elemből álló zsaluzat. A betonkeverék bedolgozása felőli oldalon zsebes, az átellenes oldalon sima, táblás. (*Ujhelyi szerk.*, 2006)

Lásd még: Zsaluzat

Zselatin

Angolul: Gelatin

Németül: Gelatine

A zselatin francia eredetű szó (gélatine), amelyből a gél szó származik. A zselatin lényegében glicerinnél ($C_3H_8O_3$), prolinból ($C_5H_9NO_2$, 2-pirrolidin-karbonsav) és hidroxiprolinnál ($C_5H_9NO_3$, 4-hidroxipirrolidin-2-karbonsav) álló szintelen, szagtalan hidrolízis-termék. Az enyvtől nagyobb tisztasága és csíramentessége különbözteti meg. Vízben – elsősorban meleg vízben – a zselatin duzzadás közben oldódik, és többé-kevésbé viszkózus (sűrűn folyó) oldat keletkezik, amely lehűtve lassan kocsonyává dermed. A zselatin alkoholban és éterben nem oldódik. (*Neumüller szerk.*, 3. kötet, 1983), (*Neumüller szerk.*, 4. kötet, 1984)

Lásd még: Gél, Hidrolízis, Viszkózus

Zsugorítás

A zsugorítás, más szóval a frittelés cementipari kifejezés.

A klinkergyártási nyersanyag az égetés során nem olvad meg teljesen. Az anyag az égetési hőmérséklet bizonyos emelkedésével az úgy nevezett zsugorító-zónába kerül, amelyben a kristályrács-szerkezet szétesése (átkristályosodás), a tömörödés (zsugorítás), a részecskék összetapadása megindul, és több-kevesebb olvadákfázis jelenik meg, amely a legfontosabb klinkerásványnak, a trikálcium-szilikát ($3CaO \cdot SiO_2$, C_3S , alit) képződésének elengedhetetlen feltétele.

Szilikátok esetén a zsugorítási hőfok és az olvadási hőfok hányadosa mintegy 0,8.

Ha nincs szükség sok trikálcium-szilikátra, azaz nagyfokú zsugorításra, illetve a zsugorítást létrehozó 20-30%-nyi olvadákfázisra, akkor a nyersanyagot 1100-1150 °C hőmérsékleten kell klinkerré égetni. Ilyen úgy nevezett frittelt (zsugorításig égetett) klinkerből készült évtizedekkel ezelőtt például a „románcement”, a MOSz 32:1935 szabvány szerinti portlandcement, majd az aluminátcementek közül a zsugorított (frittelt) aluminátcement stb..

A portlandcement jelentős mennyiségű trikálcium-szilikát-tartalmához az égetési hőmérséklet emelésével növekvő, nagyobb olvadákfázis-tartalomra, azaz nagymértékben zsugorított klinkerre van szükség.

Forrás: (*Talabér et al.*, 1966)

Lásd még: Aluminátcement, Frittelés, Szinterezés, Zsugorodásig égetett

Zsugorodás

Lásd: Fontana, P.: 2007

Lásd Borosnyói Adorján 2024. július 18-án megküldött BME kutatási jelentését.

Ha a Zwang idetartozik, akkor. <https://karl-kraemer.de/de/ermittlung-von-zwangsschnittgr%C3%B6%C3%9Fen-in-hochbaudecken-aus-stahlbeton/?affiliate=nl>

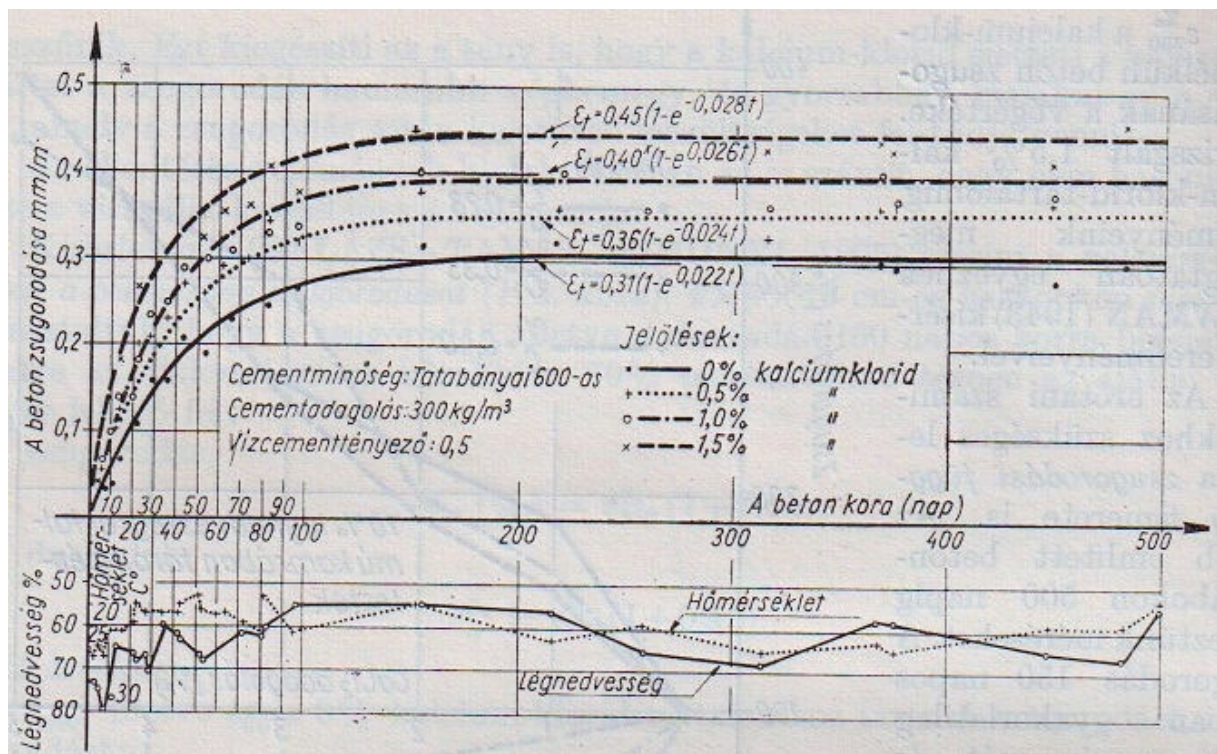
Palotás és szerzőtársai (Palotás et al., 1968) 500 napig mérték a beton zsugorodását 100·100·500 mm méretű betonhasábokon. Megállapították, hogy a zsugorodás 150 napos korban elérte a legnagyobb mértéket, és attól kezdve a hőmérséklet és a páratartalom változása szerint ingadozott (1.5.ZsXXX. ábra).

A beton zsugorodásának időbeni lefolyását kifejező zsugorodási függvény:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{zs} \times (1 - e^{-\beta \times t})$$

ahol:

- t = a beton kora napokban;
- β = a zsugorodás időbeni lefolyását kifejező hatványkitevő, amelynek értéke kalcium-klorid adagolás nélküli betonok esetén – a cement-tartalomtól és a víz-cement tényezőtől függetlenül – 0,020-0,022 adódott. A β értéke a cement-tartalomra vett 1,5 tömeg% kalcium-klorid-tartalom esetén 0,028 lett;
- e = az Euler-féle természetes szám, az értéke: $e \sim 2,718282$.



1.5.ZsXXX. ábra: A beton zsugorodásának időbeni lefolyása. Az ábrán szereplő 600-as cementminőség lényegében a mai (MSZ EN 197-1:2011) CEM I 42,5 N jelű portlandcementnek felel meg. Ismert, hogy a kalcium-klorid az acélt korrodálja, ezért a vasbeton betonját csak kloridmentes adalékszerrel szabad készíteni. (Palotás et al., 1968)

MEG KELL ÍRNI

Zsugorodásig égetett

Például *Möller Károly* 1930. február-március hóban megjelent tanulmányában olvashatjuk: „Az alumíniumcement *Jules Bied* eljárása szerint mészkőnek és bauxitnak összeolvasztásából keletkező kalcium-aluminát, amely azon kívül kisebb mennyiségű kalcium-szilikátot és vasoxidot tartalmaz. A tatai *Citadur* bauxitcement ettől abban különbözik, hogy nem olvasztott, hanem csak zsugorodásig égetett nyersanyagokból készül.”

Lásd még: Bauxitcement, bauxitbeton, Zsugorítás

Zsugorodási repedés

Angolul:

Németül: Schwindriss

Amit a „Letöltött dolgozatok a betonról” mappából a „Lövellt beton” könyvtárba gyűjtöttem.

Springenschmid könyv (CD-en is megvan), a könyvben a 108. és 191. oldalon.

MSZ EN 1504-10:2018 szabvány

Amit a Szálerősítésű beton, Szálerősítésű lövellt beton címszavaknál írtam

Lásd még: Szálerősítésű beton, Szálerősítésű lövellt beton

Young-modulus

A Young-modulus a rugalmassági modulus elnevezése *Thomas Young*²⁶⁸ után.

Lásd még: Rugalmassági modulus

 α -sugárzás

Lásd: Alfa-sugárzás

 β -sugárzás

Lásd: Béta-sugárzás

 γ -sugárzás

Lásd: Gamma-sugárzás

 Γ valószínűségi eloszlás

Lásd: Gamma-eloszlás

 χ^2 -eloszlás, χ^2 valószínűségi eloszlás

A χ^2 -eloszlás – amelyet szokás *Pearson*-eloszlásnak, illetve ritkábban *Helmert*-eloszlásnak is nevezni – $x \geq 0$ valószínűségi változóra érvényes egyoldali eloszlás, amely a $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ független, $N(0,1)$ normális-eloszlású valószínűségi változók $\chi^2 = \chi_1^2 + \chi_2^2 + \dots + \chi_n^2$ négyzetösszegének n szabadságfokú χ^2 eloszlását írja le: $F_{\chi^2, n}(x) = P(\chi_1^2 + \chi_2^2 + \dots + \chi_n^2 \leq x)$.

A χ^2 -eloszlás ($a = 1/2, p = n/2$) együtthatójú (paraméterű) gamma-eloszlás, így a χ^2 -eloszlású változó sűrűségfüggvénye:

²⁶⁸ *Thomas Young* (1773, Milverton – 1829, London) angol orvos, fizikus, festő, zenész polihisztor, aki a nevét viselő anyagjellemzőt, a rugalmassági moduluszt „E” betűvel jelölve, a „A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts” című két kötetes könyvében Londonban, 1807-ben publikálta. (*Herzog*, 2010), (*Bojtár*, é.n.)

$$f_n(x) = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \times x^{\frac{n}{2}-1} \times e^{-\frac{x}{2}}, \quad \text{ha } x \geq 0$$

és $f_n(x) = 0$, ha $x < 0$, ahol Γ a gamma-függvény. A χ^2 -eloszlás várható értéke n és szórásnégyzete $2 \times n$.

Ha $x_1, x_2, \dots, x_n$ egy ismeretlen σ^2 elméleti szórásnégyzetű normális-eloszlású alapsokaságból származó véletlen minta, akkor az s^2 tapasztalati szórásnégyzet az

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

összefüggéssel becsülhető meg, ahol $\bar{x}$ az $x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$ független valószínűségi változók ismeretlen átlaga, és a χ^2 -eloszlású, $n-1$ szabadságfokú hányados:

$$\frac{(n-1) \cdot s^2}{\sigma^2}$$

Ha a valószínűségi változók átlaga ismert (μ), akkor a σ^2 elméleti szórásnégyzet becslő összefüggése:

$$\bar{s}^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

és a χ^2 -eloszlású, n szabadságfokú hányados:

$$\frac{n \cdot \bar{s}^2}{\sigma^2}$$

Az n szabadságfok növekedésével ($n \gg 100$) a χ^2 -eloszlás a Gauss-féle normális-eloszláshoz tart.

A centrális χ^2 -eloszlást a zérus közéértékű, egységnyi szórásnégyzetű normális-eloszlású (Gauss-eloszlású) változók négyzeteinek összegezésével kapjuk. A független, egységnyi szórásnégyzetű normális-eloszlású változók négyzeteinek összege, amelynek a közéértéke nem zérus, a χ^2 -eloszlás általánosításához vezet, és nem centrális χ^2 -eloszlásnak hívják.

A χ^2 -eloszlást a normális-eloszlású alapsokaság szórásnégyzete konfidenciahatárainak becslésére szokták használni.

A χ^2 -eloszlás az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszának (8) bekezdésében, illetve L mellékletének 16. sorában a folyamatos betongyártás s_n tapasztalati szórása megfelelőségének vizsgálata során jut szerephez.

Lásd még: Gamma-függvény, Konfidenciahatár, Student-tényező

σ - ε görbe

Angolul: Stress-strain diagram, stress-strain curve, stress-elongation curve

Németül: Arbeitslinie (Grübl et al., 2001), Spannungs-Dehnungs-Diagramm, Spannungs-Dehnungs-Kurve, Spannungs-Dehnungs Linie

Az anyag alakváltozása ébresztette feszültség, illetve az anyagban lévő feszültség létrehozta alakváltozás kapcsolatát kifejező feszültség-alakváltozási diagram elnevezése.

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

1.6. VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN

1.6.1.1. Bevezetés

Mindennemű termelés velejárója az alapanyagok minőségének, a gyártási folyamatnak, valamint a készterméknek a forgalomba hozatal előtti és az átadás-átvételkori minőségellenőrzése. Elméletileg a legcélravezetőbb lenne a termék minden egyes elemének, darabjának vizsgálatával teljes minőségellenőrzést végezni, ez azonban általában nagyon költséges és a gyakorlatban többnyire megoldhatatlan, olykor értelmetlen feladat lenne, gondoljunk csak a roncsolásos vagy az élettartam vizsgálatokra. Könnyű belátnunk, hogy a mintavételes minőségellenőrzés a teljes minőségellenőrzésnél olcsóbb és gyakorlatiasabb eljárás, amelynek létjogosultsága széleskörű, ugyanakkor számos ingadozó tényezőtől, sokszor a véletlentől függő megbízhatósága többé-kevésbé elmarad a teljes minőségellenőrzés megbízhatóságától.

A mintavételes minőségellenőrzés bizonytalanságain a matematikai statisztika eszközeivel lehetünk úrrá. A matematikai statisztika – amely a valószínűségszámításnak, a véletlen ingadozások, tömegjelenségek törvényszerűségei feltárása tudományának önálló fejezete – mindenekelőtt termelési, ipari, műszaki, fizikai, kémiai stb. tapasztalati adatokból levonható következtetések felhasználásával keresi a választ többek között az olyan elméleti minőségellenőrzési kérdésekre, mint például a termékhalmoz elfogadásának megbízhatósága – valamely előírt hibaszinten – a viszonylag kis elemszámú minta minősítéses vizsgálata alapján (*Vincze I., 1968*), (*Hartung et al., 2009*).

A termékhalmoz, más szóval a tétel elfogadásának vagy visszautasításának valószínűsége a mintavétel és a minta vizsgálatának módszerétől, a tétel nagyságától (az N tételelemszámtól), a tételben lévő meg nem felelő, hibás elemek számától (M), a minta nagyságától (az n mintaelemszámtól), a mintában lévő nem megfelelő, hibás elemek megengedett számától ($c = Ac = k_{\text{megengedett}}$) és a termék (a tétel) előírt hibaszintjétől függ.

A minőségellenőrzési hibaszintek fogalmát a XX. század derekán dolgozták ki, és annak matematikai statisztikai értelmezése az ISO 2859 szabványsorozatban található. Az ISO 2859 szabványsorozatban megkülönböztetik például az átlagos kimenő hibaszintet (AOQ), az átlagos kimenő hibaszint határát (AOQL), az átvételi hibaszintet (AQL), a visszautasítási hibaszintet (LQ), hogy csak a talán legfontosabbakat említsük, amelyekkel kapcsolatos ismereteinket – jórészt az irodalom alapján – a következőkben foglaljuk össze.

Megjegyzés:

Hazánkban jelenleg az ISO szabványsorozat következő tagjai érvényesek:

MSZ ISO 2859-1:2008

MSZ ISO 2859-1:1999/AMD 1:2020

MSZ ISO 2859-2:2020

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

MSZ ISO 2859-3:2007

MSZ ISO 2859-4:2007

MSZ ISO 2859-5:2007

A minőségellenőrzési hibaszintekkel régebben például a visszavont MSZ 247-1:1977 szabványban foglalkoztak.

A TU Clausthal egyetem Institut für Mathematik intézete interaktív weboldalt tett közzé

- a minőségellenőrzési hibaszintek számítására:
<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/qualitaetssicherung/durchschlupf/>
- és a valószínűségi eloszlások számítására, amelyek némelyike a minőségellenőrzési hibaszint-számítások háttéréül is alkalmazható:
<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/verteilungen/>

1.6.1.2. AOQ Átlagos kimenő hibaszint

(MSZ ISO 2859-1:2008, MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016, **MSZ 247-1:1977 visszavont**)

Angolul: Average Outgoing Quality (AOQ),

németül: mittlerer Durchschlupf eines Stichprobenplanes

Az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerint:

Az átlagos kimenő hibaszint a gyári (kimenő) termék hosszú távú átlagos minőségjellemzője, amely a megvásárolt (bejövő) termék minőségének egy adott értékére vonatkozik, beleszámítva minden átvett tételt, továbbá mindazokat a tételeket, amelyeket nem vettek át, *miután az ilyen tételeket ténylegesen 100%-osan ellenőrizték, és az összes nem megfelelő elemeket (egyedet) megfelelővel kicserélték.*

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerint:

Az átlagos kimenő hibaszint az ismeretlen eloszlásnak – az előírt jellemző (karakterisztikus) értéke alatti – százalékos értéke megszorozva az eloszlás megfelelő átvételi valószínűségével, ha az érvényes megfelelőség-értékelést alkalmazzuk. A legmagasabb átlagos kimenő hibaszint (AOQ) ne haladja meg az 5%-ot.

Az átlagos kimenő hibaszintet (AOQ) minősítési vizsgálattal lehet meghatározni.

A mintavételi terv (a minta vizsgálati eredménye) alapján átvett N elemszámú tétel általában bizonyos $M = N \times p$ elemszámú nem megfelelő (hibás) minőségű elemet tartalmaz. A sorozatosan végzett mintavételek minden p tényleges hibaarányra (tényleges alulmaradási hányadra) megmutatják az átvett tételek várható átlagos hibaarányát, amelyet az angol szóhasználat után átlagos kimenő hibaszintnek (AOQ) neveznek (Vincze I., 1968).

Az AOQ átlagos kimenő hibaszint voltaképpen a minőségellenőrzés szerint megfelelőnek vélt termékek tényleges hibaaránya (p alulmaradási hányada) várható mértékének mutatószáma; más tekintetben pedig tulajdonképpen – mint látni fogjuk – az OC-görbe p szerint transzformált alakja.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

A p alulmaradási hányadú tétel hibás elemei számának $M(Y_1)$ várható értéke a tétel elemszáma $M(Y_2)$ várható értékének AOQ-szorosa (Hartung et al., 2009), (Rinne et al., 1995):

$$M(Y_1) = \text{AOQ} \times M(Y_2), \text{ és ebből: } \text{AOQ}(p) = \frac{M(Y_1)}{M(Y_2)}$$

Az AOQ-görbe az $n = 100$ elemszámú, $c = k_{\text{megengedett}}$ számú megengedett nem megfelelő elemet tartalmazó minta vizsgálati eredménye alapján – átvett tételek átlagos hibaarányainak értékeit ($p_{\text{átlag}} = \text{AOQ}$) tartalmazza a tétel tényleges hibaaránya (p) függvényében. Ha az $n = 100$ elemszámú vizsgálati mintában a nem megfelelő elemek száma (k) nem több, mint a megengedett $c = k_{\text{megengedett}}$ elemszám ($k \leq c = k_{\text{megengedett}}$), akkor a tételt átveszik, ha több ($k > c = k_{\text{megengedett}}$), akkor a tételt elutasítják.

Az AOQ értéke $p = 0$ és $p = 1$ esetén nulla.

Az $\text{AOQ}(p)$ összefüggésből meghatározott AOQ-görbének a p_{AOQL} abszcissa-értéknél maximuma van, amelyet átlagos kimenő hibaszint határnak (AOQL) neveznek.

Az $\text{AOQ}(p)$ függvény a minta és a tétel kezelésmódjától függően kilenc kombinációban írható fel: $m_1-t_1, m_1-t_2, m_1-t_3, m_2-t_1, m_2-t_2, m_2-t_3, m_3-t_1, m_3-t_2, m_3-t_3$, amelyek jelentése:

- m_1 : a mintát nem teszik vissza a tételbe, csak egyszer használják fel;
- m_2 : a mintából az összes hibás elemet pótlás nélkül eltávolítják, és a mintát a tételbe visszateszik;
- m_3 : a mintában az összes hibás elemet hibátlanra cserélik, és a mintát a tételbe visszateszik;
- t_1 : a tételt csak egyszer használják fel;
- t_2 : a mintavétel után maradó, $N - n$ elemszámú tétel-maradványból az összes hibás elemet pótlás nélkül eltávolítják, és a tételt újból felhasználják;
- t_3 : a mintavétel után maradó, $N - n$ elemszámú tétel-maradványban az összes hibás elemet hibátlanra cserélik, és a tételt újból felhasználják (az $N - n$ elemszám változatlan marad).

A mintavétel utáni $N - n$ elemszámú tétel-maradványban az azzal átadásra kerülő hibás elemek számának várható értéke:

$$M(Y_1) = (N - n) \times p \times A(p),$$

ahol $A(p)$ a p alulmaradási hányadhoz tartozó elfogadási valószínűség, amely az OC-görbéből leolvasható. Az $M(Y_1)$ várható érték mind a kilenc kezelésmód esetén azonos.

A tétel átvett elemei Y_2 számának várható értéke a minta és a tétel kezelésmódjától függ.

Például az m_2-t_2 kezelésmód-kombináció esetén:

- a megengedettnél kevesebb hibás elem folytán – $A(p)$ valószínűséggel – átvett tétel elemeinek száma: $N - n \times p$, mivel az N tételelemszámot csak a visszatett mintából eltávolított hibás elemek száma csökkenti;

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

- a megengedettnél több hibás elem miatt – $(1 - A(p))$ valószínűséggel – visszautasított tétel elemeinek száma: $N - n \times p - (N - n) \times p = N - N \times p$, mivel ebben az esetben az N tételelemszámot nemcsak a visszatett mintából, hanem a mintavétel utáni tétel-maradványból eltávolított hibás elemek száma $((N - n) \times p)$ is csökkenti.

Ebből kifolyólag az m_2-t_2 kezelésmód-kombináció esetén a tétel Y_2 elemszámának várható értéke:

$$M(Y_2) = (N - n \times p) \times A(p) + (N - N \times p) \times (1 - A(p)) = \\ = N - n \times p - (N - n) \times p \times (1 - A(p))$$

Az $M(Y_1)$ és $M(Y_2)$ várható értéket az $AOQ(p)$ összefüggésébe helyettesítve, a p értékétől függő átlagos kimenő hibaszint, feltéve, hogy a hibás (nem megfelelő) elemeket mind a tételből, mind a mintából pótlás nélkül eltávolítják, és a mintát a tételbe visszateszik:

$$AOQ(p) = \frac{M(Y_1)}{M(Y_2)} = \frac{(N - n) \times p \times L(p)}{N - n \times p - (N - n) \times p \times [1 - L(p)]},$$

ahol $L(p)$ a például hipergeometrikus, binomiális vagy *Poisson*-eloszlásból meghatározott OC-görbével kifejezett $A(p)$ átvételi valószínűség, $[1 - L(p)]$ pedig az ugyanolyan valószínűségi eloszlásból meghatározott OC-görbével kifejezett $(1 - A(p))$ visszautasítási valószínűség (*Rinne et al., 1995*).

A betontechnológiában a transzportbeton tételnek a hibás elemek pótlás nélküli eltávolítását követő használata (t_2 kezelésmód) helyett csak az átervezett, módosított összetételű transzportbeton tétel használata képzelhető el; és igaz, hogy az összetétel módosítás a már beépített beton minőségén nem változtat, de a t_2 helyett a t_3 kezelésmód számításbavételét lehetővé teszi, miközben a vizsgálati minta egyébként sem kerül vissza tételbe (m_1 kezelésmód), azaz betontechnológiai realitása a friss beton m_1-t_3 kezelésmód-kombinációjának van.

Az m_1-t_3 kezelésmód-kombináció során matematikai statisztikai értelmezésben a mintát nem teszik vissza a tételbe, és az $N - n$ elemszámú tétel-maradványban az összes hibás elemet hibátlanra cserélik, mely esetben az AOQ átlagos kimenő hibaszint értékeket a fenténél sokkal egyszerűbb

$$AOQ(p) = p \times L(p) = p \times A(p)$$

összefüggéssel kell kiszámítani (*Rinne et al., 1995*).

Ezek kiszámításához a tétel N elemszámának ismeretére sincs szükség, a tétel-maradvány fogalmának alkalmazása a nagy tételelemszámhoz (N) képest kis mintaelemszám (n) elhanyagolhatóságánál fogva is okafogyottá válik, és ezért háttérként a mintavisszatevés nélküli hipergeometrikus valószínűségi eloszlást közelítő, egyszerűbb mintavisszatevéses binomiális valószínűségi eloszlással számított OC-görbe is bízást szolgálhat (*Kausay, 1970./8., Mélyépítéstudományi Szemle*).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Az 1.6.1.1. ábrán m_1 – t_3 minta-tétel kezelésmód-kombinációjú AOQ-görbére mutatunk be példát. Az 1.6.1.1. ábrán feltüntetett OC-görbe ordináta-értékeit $Bi(p|n=100; c=5)$ jelű binomiális valószínűségi eloszlással számítottuk ki, tehát az ábrabeli esetben a megengedett hibás (nem megfelelő) elemek száma az $n = 100$ elemszámú mintában $c = k_{\text{megengedett}} = 5$.

Belátható, hogy minél laposabb, alacsonyabb – az $A(p)$ értékek csökkenése folytán – az AOQ-görbe, annál kisebb a minta vizsgálati eredménye alapján megfelelőnek vélt termékek tényleges hibaarányának (p alulmaradási hányadának) várható mértéke.

Jó minőségű tétel (p értéke kicsi) $AOQ(p)$ értéke általában közel azonos a tétel tényleges alulmaradási hányadával (p), mert a jó minőségű tételt általában mindig átveszik. A rossz minőségű tétel (p értéke nagy) $AOQ(p)$ értéke viszont általában számottevően kisebb, mint a p értéke.

Ha a legnagyobb átlagos kimenő hibaszintnél (p_{AOQL}) nagyobb p tart az 1,0-hez ($p_{AOQL} < p \rightarrow 1,0$), akkor $AOQ(p)$ a nullához tart ($AOQ(p) \rightarrow 0,0$). (Rinne et al., 1995).

Általában és az 1.6.1.1. ábrán is, az $AOQ(p) = p \times A(p)$ értékek a tétel tényleges alulmaradási hányada (p) függvényében változnak, amely változás mértékének adott p tekintetében az $A(p) = f(p)$ függvényalakú OC-görbe a letéteményese. Elképzelhetők azonban olyan fiktív OC-görbék, amelyek esetén az $AOQ = p \times A(p)$ érték a p értékétől függetlenül konstans, és amelynek folytán a fiktív OC-görbék AOQ_{const} konstans együtthatójú $A(p) = AOQ_{\text{const}}/p$ alakú – a matematikai statisztikában elfogadási görbének nevezett – hiperbolák. Az 1.6.1.2. ábrán például $AOQ_{\text{const}} = 0,05; 0,045; 0,04; 0,035; 0,03; 0,025$ együtthatójú $A(p) = AOQ_{\text{const}}/p$ alakú elfogadási görbék láthatók.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet



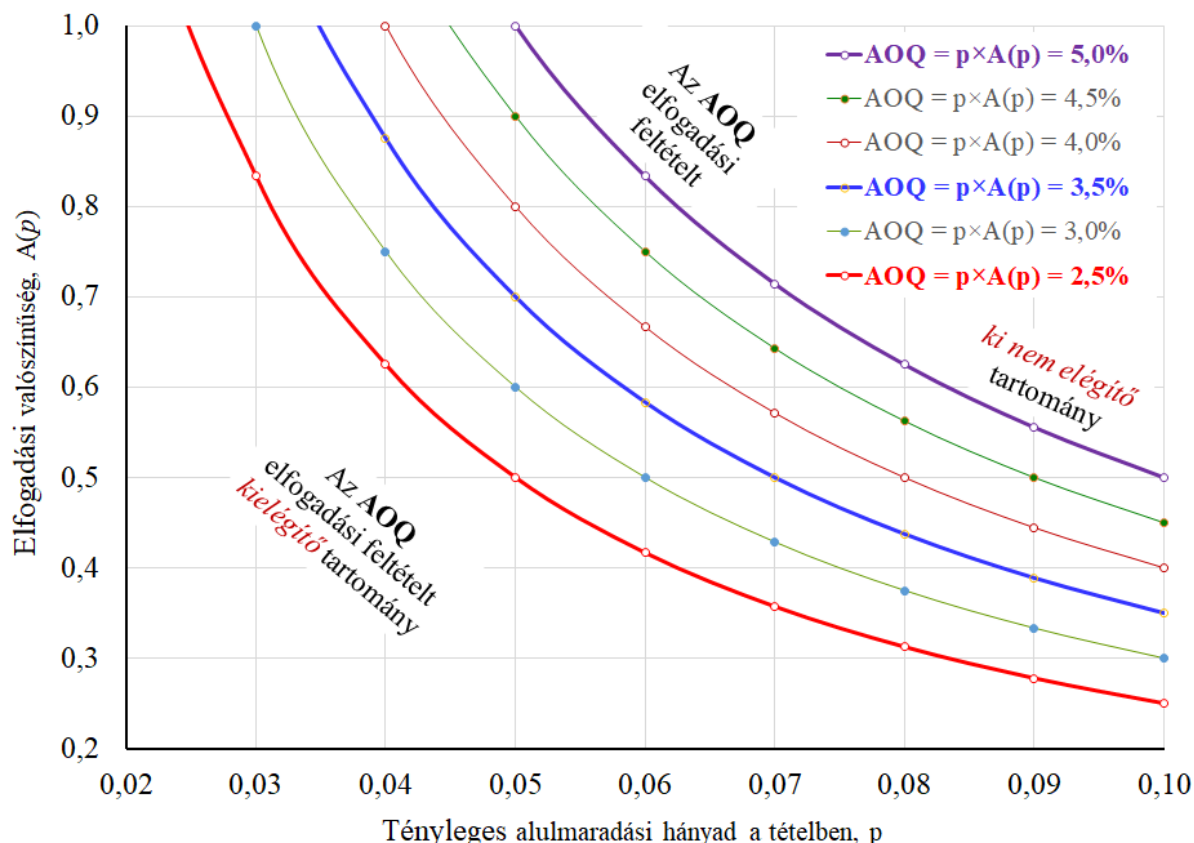
1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

1.6.1.1. **ábra:** AOQ-görbe, az AOQ-értékek görbéje $Bi(p|n=100; c=5)$ binomiális valószínűségi eloszlás esetén, ha a mintát nem teszik vissza a tételbe és az $N - n$ elemszámú tételmaradványban az összes hibás elemet hibátlanra (megfelelőre) cserélik



1.6.1.2. **ábra:** Konstans AOQ együtthatójú $A(p) = AOQ/p$ alakú elfogadási görbék, mint elfogadási határvonalak (Kausay, 2006./2., Vasbetonépítés)

Az 1.6.1.2. ábrán szereplő

- $AOQ_{const} = 0,05$ (5%) együtthatójú, $A(5\%) = 1,0$ elfogadási valószínűségű elfogadási görbe biztonsági tartalékkal nem rendelkezik;
- $AOQ_{const} = 0,035$ (3,5%) együtthatójú, $A(5\%) = 0,7$ elfogadási valószínűségű elfogadási görbe az MSZ EN 206:2013+A2:2021 (MSZ 4798:2016) szabvány $\lambda_{n=15} = 1,48$ alulmaradási tényező alapú beton-nyomószilárdsági elfogadási feltétele;
- $AOQ_{const} = 0,025$ (2,5%) együtthatójú, $A(5\%) = 0,5$ elfogadási valószínűségű elfogadási görbe az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) és a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány $t_{n=\infty} = 1,645$ alulmaradási tényező alapú beton-nyomószilárdsági elfogadási feltétele,

ahogy ez a Vasbetonépítés című folyóiratban megjelent cikkben (Kausay, 2006./2., Vasbetonépítés) az alábbiak mellett olvasható:

Bármiféle megfelelőségi feltétel felfogható egyfajta szűrőnek is: a megfelelőnek talált mintákat átengedi, a nem megfelelőnek találtakat pedig visszatartja. Tételezzük fel, hogy olyan anyagot

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

vizsgálunk – például betonacélt – amelynek megfelelése még a beépítés előtt ellenőrizhető, és a beépítés előtt a minőséget folyamatosan ellenőrizzük is, a megfelelőnek találtakat beépítjük,

a nem megfelelőket pedig tökéletes minőségűekkel helyettesítjük. Ekkor a megfelelési feltétel által megszürt sokaság minősége nyilván jobb lesz, és a $p \times A(p) \leq 5\%$ feltétel biztosítja, hogy a megszürt sokaság p értéke már 5% alatt maradjon. Fontos megjegyezni, hogy még ebben az esetben is *folyamatos* (és nem szűrőpróbaszerű!) *ellenőrzést* feltételezünk.

Beton esetében a nem megfelelőnek ítélt szállítmányokat beépítés előtt nyilván nem lehet tökéletes minőségűekkel helyettesíteni, hiszen mire a nem megfelelés kiderül, addigra a betont már rég beépítettük. A $p \times A(p) \leq 5\%$ feltétel akkor lesz értelmes, ha folyamatosan nyomon követjük, hogy melyik beton szállítmány hová építettük be, és azt az építményrészt, amelybe a vizsgálat eredménye szerint nem megfelelő betonszállítmány került, azt utólagosan megerősítjük vagy más módon elérjük, hogy gyakorlati szempontból tökéletes legyen, azaz a nem megfelelő, de beépített betonszállítmányokat utólagosan „tökéletessé” transzformáljuk.

Az MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 206:2013+A1:2017, majd MSZ EN 206:2013+A2:2021 (MSZ 4798-1:2004, illetve MSZ 4798:2016) betonszabványban az $n = 15$ mintaszámhoz tartozó *Taerwe*-féle $\lambda_{n=15} = 1,48$ értékű alulmaradási tényezőt egy ilyen, *folyamatos vizsgálatot és utólagos megerősítést feltételező* $AOQ_{\text{const}} = 0,035$ (3,5%) átlagos kimenő hibaszintű, $A(5\%) = 0,7$ elfogadási valószínűségű minőségbiztosítási rendszer részeként határozták meg. Komoly hiányosság, hogy ezekbe a szabványokba csak megfelelési feltétel került be, a folyamatos nyomon követés és utólagos javítás kötelezettsége nélkül; szemben a nagyobb biztonsággal számoló MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) és visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvánnyal, amelyekben a beton nyomószilárdságának megfelelését magasabb, értékesebb, egyben etikusabb minőségi szinten, akár ritkábban, csak szűrőpróbaszerűen ellenőrizve, a *Student*-féle $t_{n=\infty} = 1,645$ alulmaradási tényezőjű, $AOQ_{\text{const}} = 0,025$ (2,5%) átlagos kimenő hibaszintű, $A(5\%) = 0,5$ elfogadási valószínűségű megfelelési feltétellel biztosítják, illetve biztosították (Kausay, 2006./2., Vasbetonépítés).

1.6.1.3. AOQL Átlagos kimenő hibaszint határa, átlagos kimenő minőségi határérték, legnagyobb átlagos kimenő hibaszint

(MSZ ISO 2859-1:2008, MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016, **MSZ 247-1:1977 visszavont**)

Angolul: Average Outgoing Quality Limit (AOQL),

németül: maximaler mittlere Durchschlupf eines Stichprobenplanes

Az „Average Outgoing Quality Limit, AOQL” (átlagos kimenő minőségi határérték) alapeszméjét az USA-beli Bell Telephone Laboratories és Western Electric Company mérnökei 1923-1927 között, telefonközpont-gyártmányok minőségellenőrzésére dolgozták ki, majd az évek során nagyon sok, az AOQL alapeszme alkalmazását megkönnyítő különböző, ma is használható minőségellenőrzési mintavételi terv, eljárás és táblázat született (Dodge et al., 1959).

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Dodge és szerzőtársai (1959) táblázataiban különböztették a valószínűségi értékeket a vevő kockázata (A. típusú kockázat, a vevő kockázata a résztermék átadás-átvétele során a véges nagyságú gyártási tételből, résztermékből vett minták vizsgálata alapján) és a gyártó kockázata (B. típusú kockázat, gyártó kockázata a termék folyamatos gyártása során a határozatlan nagyságú, folyamatosan gyártott termékből vett minták vizsgálata alapján) esetére.

Az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerint:

Az átlagos kimenő hibaszint határa az átlagos kimenő hibaszintek maximuma az összes olyan lehetséges elfogadható minőségre, amelyeket egy adott átvételi mintavételi tervhez bemutattak.

A szabványban közelítő AOQL-értékek találhatók minden egyes egylépcsős mintavételi tervre, például a 8-A táblázatban normális ellenőrzés, a 8-B táblázatban szigorított ellenőrzés esetére.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerint:

Az átlagos kimenő hibaszint határa (AOQL) az elfogadott betongyártáskor, illetve kiszállításkor az előírt jellemző (karakterisztikus) érték alatti legnagyobb átlagos hányad. E szabványok 8.2.1.3.2. szakasza alatti C módszerrel a beton-nyomószilárdság megfelelőségét a folyamatos gyártás során minőségsszabályozási kártyák alkalmazásával is lehet ellenőrizni, amely esetben az átlagos kimenő hibaszint határa (AOQL) legfeljebb 5% lehet.

Az 5%-os AOQL átlagos kimenő hibaszint határ követelményét teljesítő gyártási folyamatok minőségsszabályozási kártyáinak alkalmazására és azok javasolt elfogadási alapelveire a CEN/TR 16369:2012 európai műszaki jelentés tartalmaz útmutatásokat. A Cusum és a Shewhart minőségsszabályozási kártyák folyamatos betongyártásban való alkalmazásának feltételei az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány H mellékletében találhatók; a Cusum minőségsszabályozási kártyák betongyártás- és megfelelőség-ellenőrzési szerepéről az irodalom szól (például: *Caspeele et al.*, 2009).

Értelmezésünk szerint átlagos kimenő hibaszint határnak vagy átlagos kimenő minőségi határértéknek (AOQL) az AOQ-görbe legnagyobb értékét nevezzük (legnagyobb átlagos kimenő hibaszint), amely az OC-görbe inflexiós pontjának függőlegesen jelenik meg. Helye (p_{AOQL}) és értéke (AOQL) az OC-görbe jellegétől (hipergeometrikus, binomiális vagy *Poisson*-eloszlású) és futásától, valamint a minta-tétel kezelésmód-kombinációtól függ (*Vincze I.*, 1968), (*Rinne et al.*, 1995), (*Hartung et al.*, 2009).

A p_{AOQL} és az AOQL értéke mérsékelt pontossággal az AOQ-görbéből is megbecsülhető, például a binomiális valószínűségi eloszlású OC-görbéből szerkesztett 1.6.1.2. *ábra* esetén: $p_{AOQL} \sim 0,043$ és $AOQL \sim 0,032$.

Valamely görbének ott van szélsőértéke, ahol a görbe érintője vízszintes, hajlásszöge és iránytangense, azaz a függvény deriváltjának (differenciálhányadosának) az értéke zérus (*Bárczy*, 1977).

Az m_1 – t_3 kezelésmód-kombináció esetén az átlagos kimenő hibaszint függvény alakja

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

$AOQ(p) = p \times A(p)$, amelyet p szerint a szorzatfüggvények deriválási szabálya – $(u \times v)' = u' \times v + u \times v'$ – alapján deriválva, és nullával egyenlővé téve a

$$AOQ(p)' = \frac{d[AOQ(p)]}{dp} = \frac{d[p \times A(p)]}{dp} = A(p) + p \times \frac{dA(p)}{dp} = 0$$

összefüggésre jutunk (Rinne et al., 1995).

Ezt az összefüggést p -re megoldva megkapjuk az átlagos kimenő hibaszint legnagyobb értékének (AOQL) a helyét (p_{AOQL}) az abszcissa-tengelyen. A nem lineáris egyenlet csak az OC-görbe $A(p)$ függvényének ismeretében és csak közelítéssel oldható meg.

A megoldáshoz Dodge és szerzőtársai (1959) mintavételes ellenőrző táblázatokat tartalmazó könyvében található egy, a Poisson-eloszlású OC-görbe alkalmazásával kidolgozott segéd táblázat (Table 2-3), amelynek használatához ismerni kell a mintaelemszámot (n) és a tételelemszámot (N). A segéd táblázat használata egyszerűbb, ha az elemszámok aránya $n/N < 0,05$, mert ebben esetben a tételelemszám (N) ismeretére nincs szükség, a hibás elemek megengedett számának ($c = k_{\text{megengedett}}$) értelmezése folytán pedig a mintaelemszám egyébként is $n = 100$. Ezért $n/N < 0,05$ esetén a következő összefüggésekkel lehet számolni: $p_{AOQL} = x/n = x/100$ és $AOQL = y/n = y/100$, ahol az x és az y a Dodge-féle segéd táblázatból a hibás elemek megengedett számának ($c = k_{\text{megengedett}}$) függvényében olvasható ki, például $c = k_{\text{megengedett}} = 5$ esetén $x = 4,35$ és $y = 3,168$, amelyekből $p_{AOQL} = 0,0435$ és $AOQL = 0,03168$ adódik (lásd az 1.6.1.2. ábrát).

1.6.1.4. AQL Átvételi hibaszint, elfogadási minőségi határérték, elfogadási minőségi szint, elfogadható minőségi szint

(MSZ ISO 2859-1:2008, MSZ ISO 2859-1:1999/Amd 1:2020, MSZ ISO 2859-10:2007 visszavont, ISO 3534-2:2006, ISO 3951-1:2013, DIN 40080:1979, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016, **MSZ 247-1:1977 visszavont**)

Angolul: AQL Acceptance quality level,
németül: annehmbare Qualitätslage, Gutgrenze

Az AQL átvételi hibaszint a termék legrosszabb eltűrhető minősége (ISO 3534-2:2006, DIN ISO 3534-2:2013).

Az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerint, amely szabvány megegyezik az ISO 2859-1:1999 nemzetközi szabvánnyal és tartalmazza az ISO 2859-1:1999/Cor. 1:2001 helyesbítést is:

Az MSZ ISO 2859-1 szabvány az átvételi hibaszinttel (AQL) jelzett, minősítéses jellemzők szerinti mintavételi programokat ad meg.

Az átvételi hibaszint (AQL) az eltűrhető legrosszabb folyamatátlag minőségszintje az átvételi mintavételre bocsátott tételek egy folyamatos sorozatában.

Adott AQL-érték esetén a mintavételi program a tételek többségét átveszi, ha ezekben a tételekben a minőségszint (a nem megfelelő elemek aránya) nem magasabb az AQL-értéknél.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Az átvétel valószínűsége az AQL mellett az adott AQL-hez tartozó mintanagyságtól is függ, mivel az AQL nagy minták esetében általában nagyobb, mint a kicsik esetében.

Az AQL a mintavételi terv egyik paramétere, és nem szabad összetéveszteni a folyamatátlaggal, amely a gyártási folyamat működési szintjét írja le. Elvárjuk, hogy a folyamatátlag jobb legyen az AQL-nél; így elkerülhető a nagyszámú visszautasítás. *Az AQL értéke nem haladhatja meg a 10%-ot.*

A mintavételi programokat a nemzetközi szabványokban (például az ISO 2859 szabványsorozatban) úgy tervezték, hogy az AQL-értéknél következetesen jobb folyamatátlag tartására ösztönözzék a gyártót. Egyébként nagy lenne a kockázata, hogy az ellenőrzés átvált a szigorított ellenőrzésre, amelyben a tétel átvételének követelményei sokkal szigorúbbak. Bár nagy valószínűséggel átvehetők egyes olyan tételek, amelyeknek minősége olyan rossz, mint az átvételi hibaszint (AQL), az átvételi hibaszint kijelölése (szerződésben meghatározott AQL-érték) nem azt jelenti, hogy ez a kívánatos minőség szint, és a szállítónak akár egyetlen nem megfelelő tételt is joga van szándékosan beszállítani.

Az ISO 2859-1:1999 nemzetközi szabvány hátterét a – DIN ISO 2859-1:1993 bevezetésekor visszavont – DIN 40080:1979 szabvány képezte.

A minősítéses jellemzők szerinti mintavételes ellenőrzést általánosan ismertető, visszavont MSZ ISO 2859-10:2007 szabvány szerint:

A visszavont MSZ ISO 2859-10:2007 szabvány a *minősítéses jellemzők* szerinti mintavételes ellenőrzést általánosan tárgyalta. Az átvételi mintavételes ellenőrzés alapvető célja annak igazolása, hogy a gyártó által bemutatott tételek minősége legalább olyan jó, mint a kölcsönösen egyeztetett szint. Az ISO 2859 szabványsorozat közös paraméteren, például az AQL- vagy az LQ-értéken alapul.

A mintavételi tervek rendszerét kiegészíti a *méréses jellemzők* szerinti ellenőrzés, amelyet szintén az AQL jelez. Ezeket a terveket az ISO 3951 sorozat tagjai (például ISO 3951-1:2013) tartalmazzák.

Az ISO 2859-3:2005 (MSZ ISO 2859-3:2007) szabványban *tételkihagyásos* eljárásokkal foglalkoznak, amelyeket az AQL-értékkel megadott folyamatok esetén használunk az átadás vagy a megfigyelés meghatározott időtartamán. Ha a minőség szint folyamatosan kiváló, akkor az ISO 2859-3:2005 szabvány alkalmazása néha gazdaságosabb, mint az ISO 2859-1:1999 (MSZ ISO 2859-1:1999/Amd 1:2020) szabvány enyhített mintavételi eljárása. Az ISO 2859-1:1999 szabványhoz hasonlóan az ISO 2859-3:2005 szabvány is egyetlen forrásból származó folyamatos tételsorozatokra alkalmazható.

A *tételenkénti* ellenőrzés átvételi hibaszinttel (AQL) jelzett szekvenciális (többlépcsős) mintavételi terveinek rendszerét az ISO 2859-5 (MSZ ISO 2859-5:2007) szabvány tárgyalja.

Az ISO 2859-1 szabványt elsődlegesen olyan folytonos tételsorozatok ellenőrzésére dolgozták ki, amelyek azonos gyártásból vagy szolgáltatási folyamatból származnak. Ebben az esetben a megfelelő védelmet (vagy a nem megfelelő elemek százalékos

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

arányának maximális folyamatátlagát) a normális ellenőrzésről szigorított ellenőrzésre való áttérési szabállyal tartják fenn, ha bizonyos számú nem átvehető (visszautasítási számú) tételt találtak az egymás utáni tételek rövid sorozataiban.

Ha a minőség nagyon jó, akkor az ISO 2859-1 szabvány szerint át lehet térni enyhített ellenőrzésre. Ez olyan eljárást ad meg, amelynek során, ha kevesebb mintát használnak, akkor a gyártó kockázata csökken, a vevő kockázata pedig növekszik. Ez akkor indokolt, ha a folyamatátlag állandóan kisebb, mint az előírt átvételi hibaszint (AQL). Ha a folyamatátlag legalább 10 tételen keresztül nagyon sokkal kisebb az AQL-nél, akkor némely vevő a tételkihagyásos eljárásokat választja (lásd az ISO 2859-3 szabványt). Ez sokkal gazdaságosabb lehet, mint az ISO 2859-1 szabványban leírt enyhített ellenőrzés.

Némely esetben, különösen akkor, ha rutinszerű gyártásból származó vagy nem kritikus elemekről van szó, a vevő bízhat a termék kisszámú mintái ellenőrzési gyakorlatának igénybevételében, feltéve, hogy nulla a nem megfelelő termék, elfogadja a tételt. Például, ha a mintanagyság nyolc és az átvételi szám nulla, ez ekvivalens olyan kis tételekre vonatkozó mintavételi tervekkel, amelyekhez $AQL=1,5\%$ tartozik normális ellenőrzés esetén, vagy $AQL=0,65\%$ tartozik enyhített ellenőrzés esetén. Lásd az ISO 2859-1:1999 szabvány 2-A és 2-C táblázatát.

A visszavont MSZ ISO 2859-10:2007 szabványban a mintavételi tervek példák is találhatók.

A visszavont MSZ 247-1:1977 szabvány szerint az átvételi hibaszint (AQL) egyedi tétel esetén az a megengedett legnagyobb hibaszint, illetve sorozat-tételek esetén az a megengedett legnagyobb átlaghibaszint, amely a termék átvétele céljából még megfelelő. Az átvevő kockázatának meghatározásához adott mintavételi ellenőrzési terv esetén a terv jelleggörbét (OC-görbét) kell felhasználni, vagy ha az indokolt, ki kell számítani az AOQL átlagos kimenő hibaszintet.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerint:

Az átvételi hibaszint (AQL) olyan ismeretlen eloszlás százalékos értéke, amely az előírt jellemző tulajdonsághoz képest kedvezőtlenebb, és amely mellett még fennáll a betongyártás megfelelősége. E szabványok 24. táblázata – hivatkozva az ISO 3951-1:2013 szabványra – $AQL = 4\%$ átvételi hibaszinten adja meg a száltartalom, a betontestsűrűség, a legnagyobb víz-cement tényező és a legkisebb cementtartalom 22. táblázat szerinti megfelelőségi feltételeihez tartozó átvételi számokat a vizsgálati eredmények számának függvényében, 100 vizsgálati eredményig.

Ha a vizsgálati eredmények száma nagyobb, mint 100, akkor a megfelelő átvételi számok az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány 2-A táblázatából (egylépcsős mintavételi tervek normál ellenőrzésre) választhatók ki.

A DIN ISO 2859-1:2014 szabvány bevezetésekor visszavont DIN 40080:1979 szabvány történetével és tartalmával Rinne és szerzőtársai (1995) részletesen foglalkoznak:

Az egykori DIN 40080:1979 szabvány tárgyát képező egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálati terv (angolul: attribute sampling tables, attribute sampling schemes, németül:

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

attributive Prüfung) alapjait a II. világháború alatt New Yorkban, a Columbia Egyetemen (Columbia University) kezdték kidolgozni a Pentagon megbízásából, a hadi szállítások minőségvizsgálati előírásaihoz. Ezek a kezdeti előírások számos átdolgozás és javítás után 1950-ben a Military Standard 105A (röviden: MIL-STD 105A) szabványban, majd 1963-ban a Military Standard 105D (röviden: MIL-STD 105D) szabványban öltöttek testet (*Dodge*, 1973). A MIL-STD 105D szabványt gyakorlati tapasztalatok felhasználásával, nem pedig kimondottan matematikai modell alapján fejlesztették ki.

Amerikai polgári alkalmazás céljára a MIL-STD 105D szabványt az ANSI (American National Standards Institute) Amerikai Nemzeti Szabványügyi Intézet – együttműködve az ASQC (American Society for Quality Control) Amerikai Minőségsszabályozási Társasággal – 1974-ben átdolgozta és korszerű változatban ANSI/ASQC Z1.4 néven közzé tette. Ezt az amerikai szabványt az ISO (International Organization for Standardization) Nemzetközi Szabványügyi Testület még ebben az évben csekély változtatásokkal átvette és az ISO 2859 szabvány kiadásával nemzetközi szabvány rangjára emelte. *A visszavont DIN 40080:1979 német szabvány az ISO 2859 nemzetközi szabvány szöveghű változata.*

A DIN 40080:1979 szabványt elsősorban sorozatgyártású tételek AQL-rendszerbeli vizsgálatára dolgozták ki. A szabvány különbséget tesz az általános (I., II. és III.) és a különös (speciális, S-1, S-2, S-3 és S-4) vizsgálati szintek között. A vizsgálati szintek a tételelemszámok (N) függvényét képezik. A gyakorlatban az általános vizsgálati szintek közül általában a II. vizsgálati szintet alkalmazzuk; a hiba-érzékelés az I. vizsgálati szint esetén kisebb, a III. vizsgálati szint esetén nagyobb. A szelektivitás, azaz az OC-görbék meredeksége az I. vizsgálati szintről a III. vizsgálati szintre haladva növekszik. A különös vizsgálati szinteket akkor használjuk, ha a mintaelemszám kicsi és a kockázat nagyobb vagy roncsolásos vizsgálatok esetén.

Valamennyi vizsgálati szinten választhatunk a számunkra előnyösebb, közelítőleg OC-egyenértékű egylépcsős, kétlépcsős, hétlépcsős (egyszeres, kétszeres és hétszeres, illetve fokozatú) vizsgálati fokozat között. Amíg a kezelési nehézségek a vizsgálati szint-számok növekedésével nőnek, addig az átlagos mintaelemszám csökken. A vizsgálati szinten belül három alszint található, amelyek csökkentett (redukált), normál és éles vizsgálatként alkalmazhatók. Általában a normál vizsgálatból kiindulva, kapott vizsgálati eredmények függvényében váltani lehet egy másik alszintre.

A DIN 40080:1979 szabvány szerinti, nagybetűvel jelölt vizsgálati terv az 1.6.1.1. táblázatból kiválasztható tételelemszámnak (N) és a különös vagy általános vizsgálati szintnek a függvénye. A tételelemszám és a vizsgálati szint a vizsgálati terv jellemzője.

1.6.1.1. táblázat: A vizsgálati terv DIN 40080:1979 szabvány szerinti betűjele (*Rinne et al.*, 1995)

Tételelemszám N	Különös vizsgálati szint				Általános vizsgálati szint		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I.	II.	III.
2 – 8	A	A	A	A	A	A	B
9 – 15	A	A	A	A	A	B	C

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

16 – 25	A	A	B	B	B	C	D
26 – 50	A	B	B	C	C	D	E
51 – 90	B	B	C	C	C	E	F
91 – 150	B	B	C	D	D	F	G
151 – 280	B	C	D	E	E	G	H
281 – 500	B	C	D	E	F	H	J
501 – 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 – 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 – 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 – 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 – 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 – 500000	D	E	G	J	M	P	Q
> 500000	D	E	H	k	n	Q	R

A vizsgálati terv minden betűjeléhez tartozik egy vizsgálati utasítás, amelyhez gyakorlati megfontolások alapján egylépcsős, kétlépcsős vagy hétlépcsős (egyszeres, kétszeres vagy hétszeres, illetve fokozatú) vizsgálat csatolható. E vizsgálatok mintaelemszámai az 1.6.1.2. táblázatban találhatók. A kétlépcsős és a hétlépcsős vizsgálat mintaelemszáma minden vizsgálati szinten konstans.

1.6.1.2. táblázat: A vizsgálati terv betűjele és hozzárendelt mintaelemszáma normál és éles vizsgálati alszinten a DIN 40080:1979 szabvány szerint (Rinne et al., 1995)

Vizsgálati terv betűjele	Mintaelemszám, <i>n</i>		
	Egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú)	Kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú)	Hétlépcsős (hétszeres, hétfokozatú)
	vizsgálat		
A	2	–	–
B	3	2	–
C	5	3	–
D	8	5	2
E	13	8	3
F	20	13	5
G	32	20	8
H	50	32	13
J	80	50	20

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

K	125	80	32
L	200	125	50
M	315	200	80
N	500	315	125
P	800	500	200
Q	1250	800	315
R	2000	1250	500

A vizsgálati terv többi paramétere a kiválasztott vizsgálati alszinttől (vizsgálati élességtől: csökkentett, normál, éles) és a kívánt átvételi hibaszinttől (AQL-értéktől) függ. Az átvételi hibaszint egy olyan elfogadható minőségi szint, amelyen a tétel (halmaz) elfogadásának valószínűsége ($\omega = A(p)$) előre meghatározott, a DIN 40080:1979 szabvány szerint mintegy: $0,80 \leq \omega \leq 0,99$. A német szabványban valamely tétel (halmaz) minőségi szintjének mértéke minősítéses vizsgálat (Gut-Schlecht Prüfung $\rightarrow$ jó-rossz vizsgálat) esetén az alulmaradási hányad százalékos értéke ($100 \times p$) vagy, ha az elemnek több hibája is lehet, akkor a hibás elemek 100 tételelemszámra vonatkoztatott átlagos értéke ($100 \times \lambda$). Mindkét esetben ugyanazokat az AQL-értékeket kell használni, amelyeket a DIN 40080:1979 szabványban előnyös AQL-értékeknek (AQL-Vorzugswerte) neveznek. A DIN 40080:1979 szabvány csak erre a 26 előnyös AQL-értékre vonatkozik (lásd az 1.6.1.3. táblázatot).

1.6.1.3. táblázat: A DIN 40080:1979 szabvány szerinti előnyös AQL-értékek (AQL-Vorzugswerte), százalék (Rinne et al., 1995)

DIN 40080:1979 szabvány szerinti előnyös AQL-értékek (AQL-Vorzugswerte), százalék				
0,010	0,015	0,025	0,040	0,065
0,10	0,15	0,25	0,40	0,65
1,0	1,5	2,5	4,0	6,5
10	15	25	40	65
100	150	250	400	650
1000				
Megjegyzés: MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány szerint az AQL értéke nem haladhatja meg a 10%-ot.				

A DIN 40080:1979 szabványbeli előnyös AQL-értékek az $\sqrt[5]{10} = 1,585$ szorzóval kapott geometriai sort alkotnak (például: $0,1 \times 1,585 \cong 0,15$; $0,15 \times 1,585 \cong 0,25$; $0,25 \times 1,585 \cong 0,4$). A 10 alatti előnyös AQL-értékek vagy a hibás elemek százalékos arányának, vagy 100 tételelemre eső hibának, a 10-től kezdődő előnyös AQL-értékek pedig csak 100 tételelemre eső hibának tekintendők. A DIN 40080:1979 szabvány értelmezésében például az AQL = 0,4 érték 0,4%-os elutasítási arányt vagy 100 tételelemszámra eső 0,4 átlagos hibaszámot, az AQL = 25 érték pedig csak 100 tételelemszámra eső 25 átlagos hibaszámot jelent.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

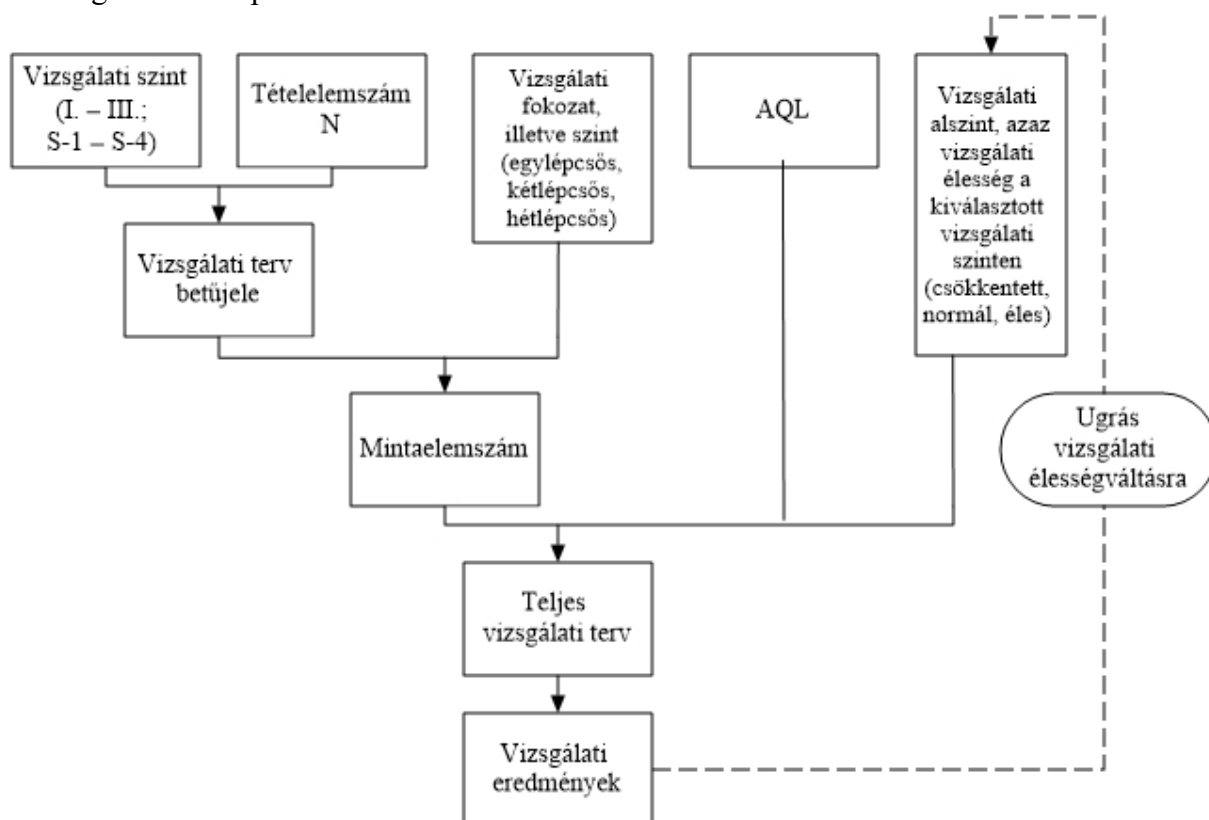
1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN

Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Az AQL-érték megadása egyedi termék vizsgálata esetén nem védi a vevőt, csak a termék-sorozat vizsgálata során várható eredményről ad tájékoztatást. Az AQL mögött álló filozófia bemutatása és értelmezése a Német Minőségügyi Társaság (Deutsche Gesellschaft für Qualität) kiadványában (DGQ, 1990) található meg.

A vizsgálati terv lépései az 1.6.1.3. ábrán láthatók.



1.6.1.3. ábra: Példa a DIN 40080:1979 szabvány szerinti vizsgálati terv folyamatábrájára (Rinne et al., 1995)

Az 1.6.1.3. ábrán a szaggatott vonal jelzi a DIN 40080:1979 szabvány szerinti vizsgálati terveknek az élességváltás lehetőségében rejlő dinamikus jellegét. Minden vizsgálati betűjel és minden vizsgálati fokozat esetén lehetőség van a legutóbb vizsgált tétel vizsgálati élességének megváltoztatására.

A vizsgálati élességváltásra ugrás feltételeit az 1.6.1.4. ábra tartalmazza. A tétel vizsgálatát – egyéb megállapodás hiányában – normál vizsgálatról szokás kezdeni. Az ① feltétel szerint a normál vizsgálatról az éles vizsgálatra kell váltani, majd a ② feltétel szerint vissza kell térni a normál vizsgálatra. Csökkentett vizsgálat a gyártó és a vevő megállapodása esetén végezhető; adott esetben a ③ feltételt kell alkalmazni, és a ④ feltétel mellett kell a normál vizsgálatra visszatérni. Az éles vizsgálatot az ⑤ feltétel szerint teljesen meg kell szakítani, ha a vizsgálati eredmény nagyon kedvezőtlen.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

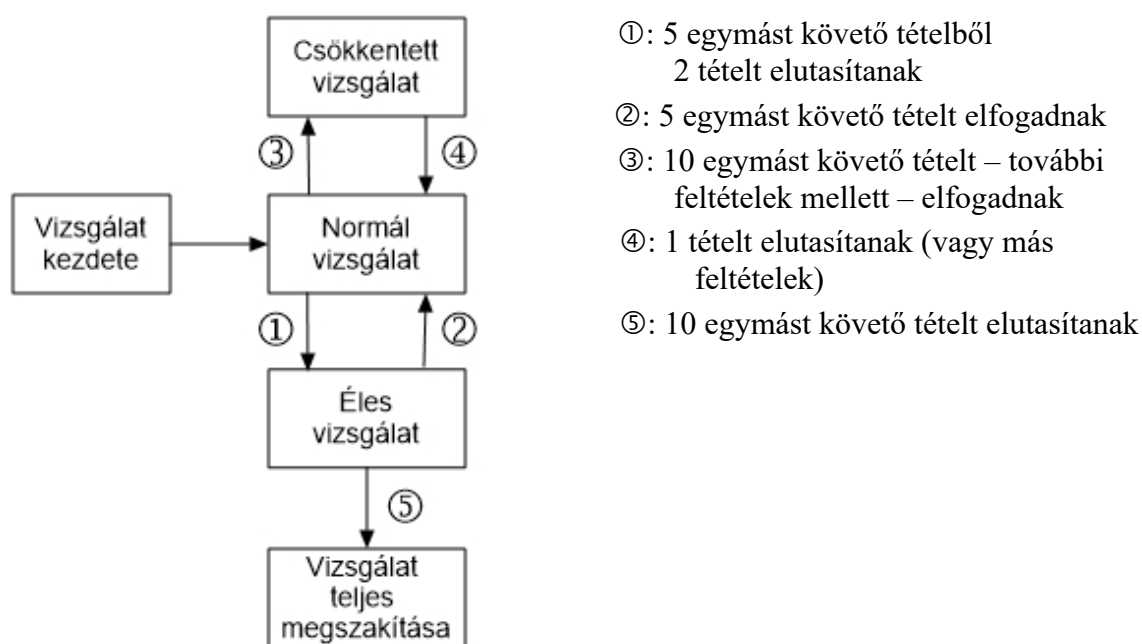
1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Az általában használt II. általános vizsgálati szinten a betűjel és a tételelemszám kapcsolata egyértelmű (lásd az 1.6.1.1. táblázatot), ezért a DIN 40080:1979 szabványban egyszerűbb, a II. vizsgálati szinten betűjel nélkül használható táblázatokat is készítettek a normál, éles és csökkentett (redukált) vizsgálat esetére.

Az 1.6.1.4. táblázat egy ilyen, csak a II. vizsgálati szinten végzett normál élességű, egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) vizsgálatához alkalmazható egyszerűsített táblázat, amelyben a tételelemszámhoz (N) és az átvételi hibaszinthez (AQL-érték) tartozó mintaelemszám (n) és a minta hibás elemeinek megengedett száma ($c = Ac = k_{\text{megengedett}}$) található. A táblázatban látni, hogy kis tételelemszámok és kis AQL-értékek esetén teljes, valamennyi N tételelemre kiterjedő vizsgálatot kell végezni ($n = N$).

Megjegyezzük, hogy Rinne és szerzőtársai könyve (1995) a kétszeres vizsgálatra is tartalmaz egyszerűsített táblázatot.



1.6.1.4. ábra: Az élességváltás feltételei a DIN 40080:1979 szabvány szerint (Rinne et al., 1995)

A tétel egységeiben különböző típusú hibák fordulhatnak elő. A DIN 40080:1979 szabvány megkülönbözteti a személyi sérülést okozó súlyos hibákat, a jelentős anyagi kárt okozó főhibákat és a termék rendeltetésszerű használatát jelentősen vagy mérsékelten rontó mellékhibákat.

Súlyos hiba esetén részvizsgálatot végezni nem szabad. A másik két hibatípus esetében, ha mindegyik egységnél egyidejűleg fordulnak elő, különbözőképp járhatunk el. Az egyik lehetőség az egyes hibatípusok külön-külön történő ellenőrzése, amely esetben a tételt akkor kell elutasítani, ha legalább egy hibatípus tekintetében nem felel meg az elfogadási

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

feltételeknek. A másik lehetőség a fő- és mellékhibák összevonása és egy összesített AQL-érték megadása, aminek akkor van értelme, ha a hibák egymástól függetlenek (*Rinne et al., 1995*).

1.6.1.4. táblázat: A mintaelemek száma (n) és a hibás elemek megengedett száma (átvételi szám, $c = Ac = k_{\text{megengedett}}$) a mintában egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú), a II. vizsgálati szinten végzett normál élességű vizsgálat esetén, az AQL-érték függvényében a DIN 40080:1979 szabvány szerint (*Rinne et al., 1995*)

Tétel- elemszám N	AQL-érték, %											
	0,10		0,15		0,25		0,40		0,65		1,00	
	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac
2 – 8	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
9 – 15	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
											13	0
16 – 25	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0	13	0
									20	0		
26 – 50	N	0	N	0	N	0	N	0	20	0	13	0
							32	0				
51 – 90	N	0	N	0	50	0	32	0	20	0	13	0
			80	0								
91 – 150	N	0	80	0	50	0	32	0	20	0	13	0
	125	0										
151 – 280	125	0	80	0	50	0	32	0	20	0	50	1
281 – 500	125	0	80	0	50	0	32	0	80	1	50	1
501 – 1200	125	0	80	0	50	0	125	1	80	1	80	2
1201 – 3200	125	0	80	0	200	1	125	1	125	2	125	3
3201 – 10000	125	0	315	1	200	1	200	2	200	3	200	5
10001 – 35000	500	1	315	1	315	2	315	3	315	5	315	7
35001 – 150000	500	1	500	2	500	3	500	5	500	7	500	10
150001 – 500000	800	2	800	3	800	5	800	7	800	10	800	14
> 500000	1250	3	1250	5	1250	7	1250	10	1250	14	1250	21

Az 1.6.1.4. táblázat folytatódik

Az 1.6.1.4. táblázat folytatása

Tételelemszám N	AQL-érték, %											
	1,5		2,5		4,0		6,5		10		15	
	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac
2 – 8	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
			5	0	3	0	2	0	5	1	3	1
9 – 15	8	0	5	0	3	0	2	0	5	1	3	1
16 – 25	8	0	5	0	3	0	8	1	5	1	5	2

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

26 – 50	8	0	5	0	13	1	8	1	8	2	8	3
51 – 90	8	0	20	1	13	1	13	2	13	3	13	5
91 – 150	32	1	20	1	20	2	20	3	20	5	20	7
151 – 280	32	1	32	2	32	3	32	5	32	7	32	10
281 – 500	50	2	50	3	50	5	50	7	50	10	50	14
501 – 1200	80	3	80	5	80	7	80	10	80	14	80	21
1201 – 3200	125	5	125	7	125	10	125	14	125	21	80	21
3201 – 10000	200	7	200	10	200	14	200	21	125	21	80	21
10001 – 35000	315	10	315	14	315	21	200	21	125	21	80	21
35001 – 150000	500	14	500	21	315	21	200	21	125	21	80	21
150001 – 500000	800	21	800	21	315	21	200	21	125	21	80	21
> 500000	800	21	800	21	315	21	200	21	125	21	80	21
E táblázat megegyezik az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány 2-A táblázatával.												

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázatát (1.6.1.5. táblázat) az 1.6.1.4. táblázatnak, illetve az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány 2-A táblázatának AQL = 4,0% oszlopa alapján készítették.

1.6.1.5. táblázat: Az MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázata a friss beton egyes tulajdonságok szerinti megfelelése vizsgálati mintáinak átvételi számáról

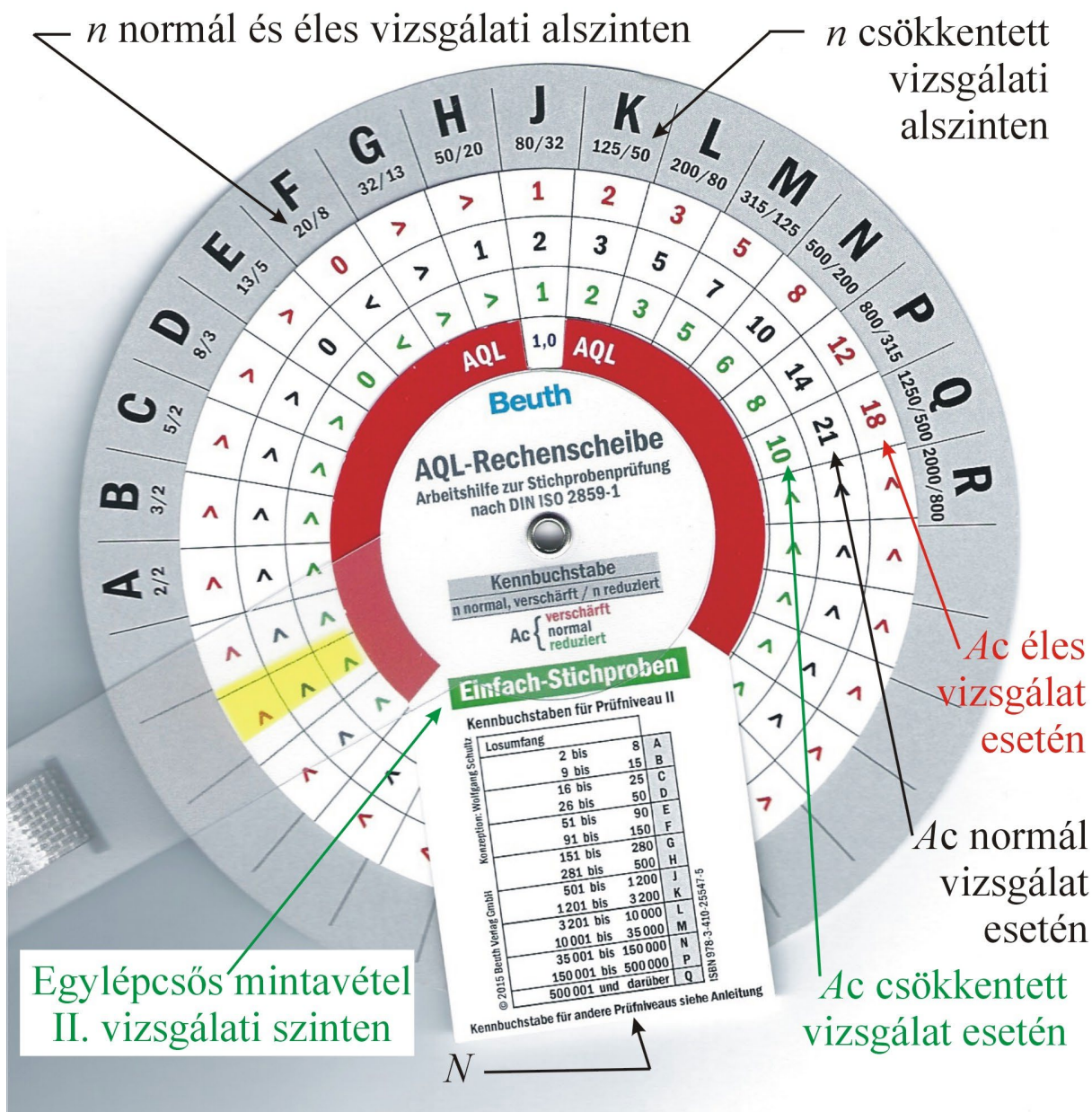
A vizsgálati eredmények száma, azaz	Átvételi szám, azaz		A vizsgálati eredmények száma, azaz	Átvételi szám, azaz
a mintaelemszám n	a megengedett hibás elemek száma a mintában $c = Ac = k_{\text{megengedett}}$		a mintaelemszám n	a megengedett hibás elemek száma a mintában $c = Ac = k_{\text{megengedett}}$
1 – 12	0		50 – 64	5
13 – 19	1		65 – 79	6
20 – 31	2		80 – 94	7
32 – 39	3		95 – 100	8
40 – 49	4		100 <	Lásd az MSZ ISO 2859- 1:2008 szabvány 2- A táblázatát

A DIN ISO 2859-1:2014 szabvány szerinti egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) és kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú) AQL minőségvizsgálati terv elkészítését megkönnyíti a *Schultz*-féle (2015) AQL-tervezőkorong (1.6.1.5. és 1.6.6.6 ábra).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI
HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI
ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

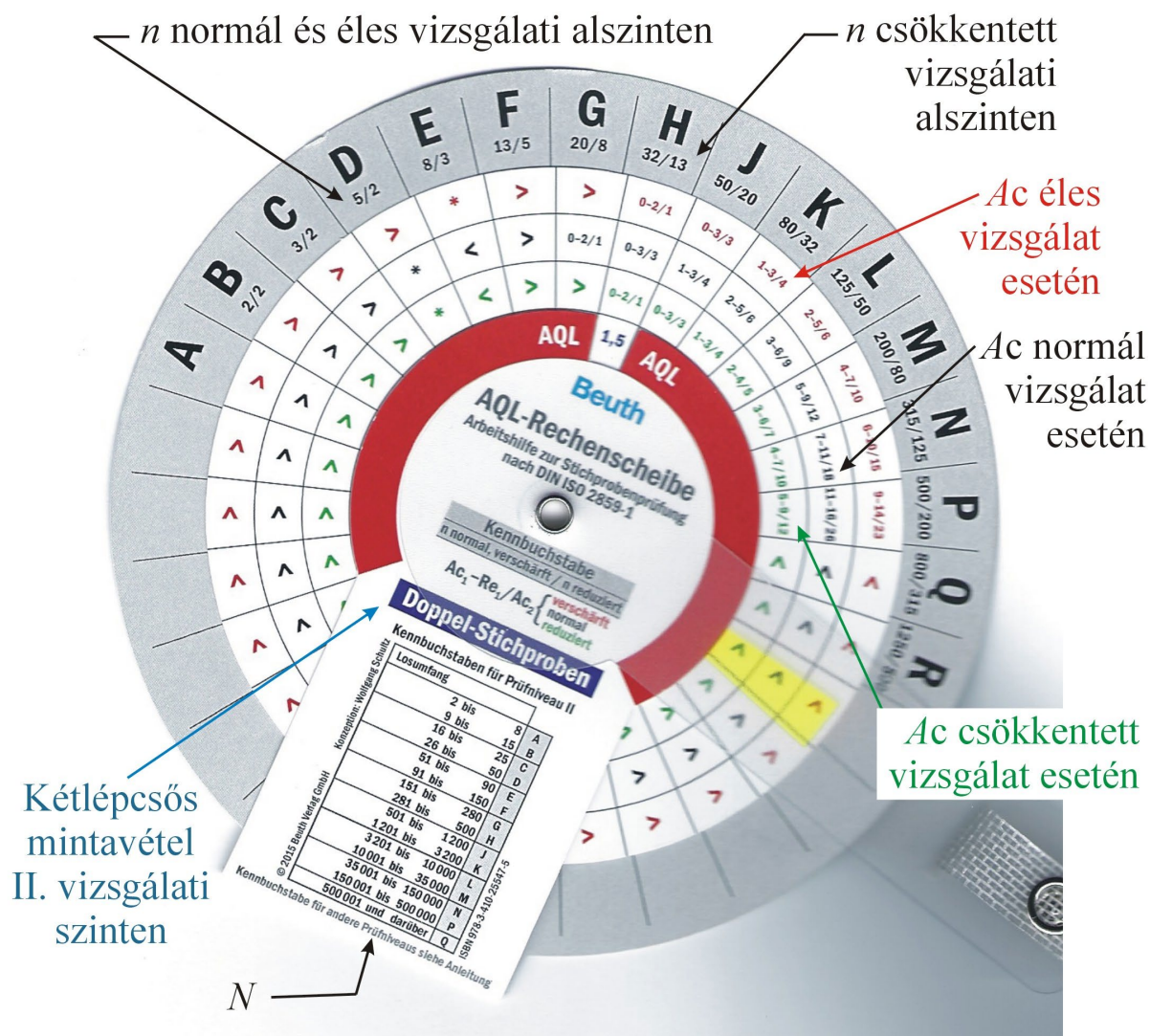


1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

1.6.1.5. **ábra:** A *Schultz*-féle (2015) AQL-tervezőkorong első oldala egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) mintavételi eljáráshoz



1.6.1.6. **ábra:** A *Schultz*-féle (2015) AQL-tervezőkorong hátoldala kétlépcsős (kétszeres, kétfokozatú) mintavételi eljáráshoz

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

A *Schultz*-féle (2015) AQL-tervezőkorong három (szürke, fehér, piros) tárcsából áll, amelyek közül a külső (szürke) és a belső (piros) rögzített, a középső (fehér) pedig elforgatható. A tárcsákon lévő skálák értelmezése a következő:

- a külső, szürke tárcsa betűjelei a II. vizsgálati szinthez tartozó – a belső tárcsához csatolt táblázatból olvasható – N tételelemszámok tartományát fedik (1.6.1.1. táblázat);
- a külső, szürke tárcsa második (belső) sorának első számjelei (megelőzik a / jelet) a mintaelemszámot jelentik normál és éles vizsgálati alszinten, második számjelei (a / jelet követik) a mintaelemszámot jelentik csökkentett (redukált) vizsgálati alszinten (1.6.1.2. táblázat, 1.6.1.3. és 1.6.1.4. ábra);
- a középső, fehér tárcsán található számok az átvételi számok, azaz az $Ac = c = k_{\text{megengedett}}$ megengedett hibás elemek száma a mintában:
 - az első (külső) sorban lévő, piros színű számok az átvételi számok éles vizsgálat,
 - a második (középső) sorban lévő, fekete színű számok az átvételi számok normál vizsgálat (1.6.1.4. táblázat),
 - a harmadik (belső) sorban lévő, zöld színű számok az átvételi számok csökkentett (redukált) vizsgálat esetén.A visszautasítási szám $= Ac + 1$.
- a belső, piros tárcsa alatt az AQL-értékek találhatók (1.6.1.3. és 1.6.1.4. táblázat).

Az AQL minőségvizsgálati terv elkészítése során első lépésként a középső, fehér színű tárcsát úgy forgatjuk, hogy a belső, piros színű, rögzített tárcsa ablakába a teljesítendő AQL-érték essék. Ezt követően a sárga csíkot tartalmazó nyelvet a tételelemszámnak megfelelő betűjelre forgatjuk, és a középső, fehér színű tárcsa második, középső sorában megkapjuk a keresett, a sárga csíkkal kijelölt Ac átvételi számot.

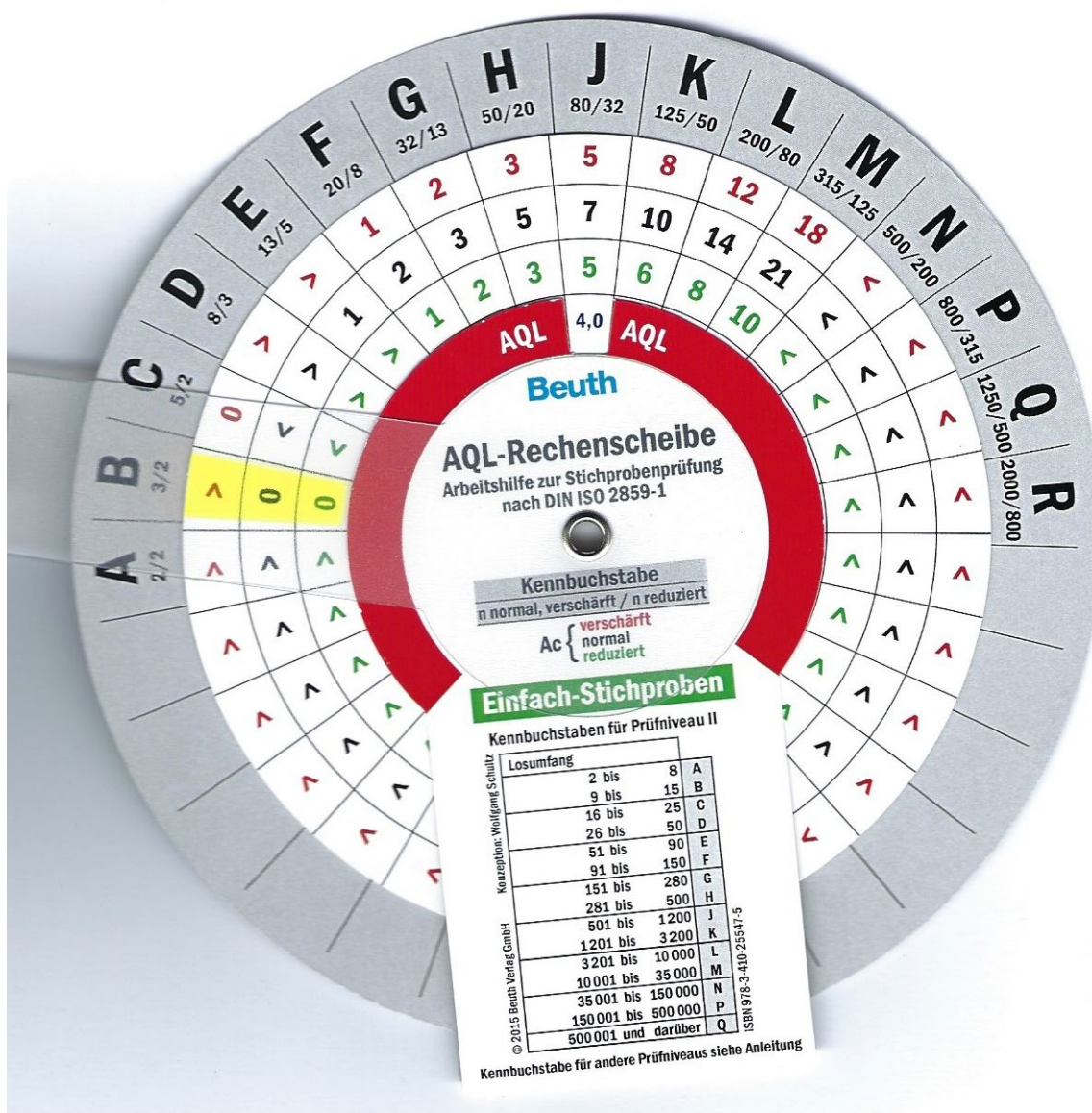
Az 1.6.1.7. ábra az AQL-tervezőkorong olyan állását mutatja, amelyben egylépcsős, II. szintű, normál vizsgálat esetén az átvételi hibaszint értéke az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázata szerinti $AQL = 4\%$, az N tételelemszám 9 és 15 közé esik (1.6.1.1. táblázat), a betűjel B , a mintaelemszám $n = 3$ (1.6.1.2. táblázat), és az átvételi szám $Ac = c = k_{\text{megengedett}} = 0$ (1.6.1.4. táblázat).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN

Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet



1.6.1.7. **ábra:** A Schultz-féle (2015) AQL-tervezőkorong az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázata szerinti egylépcsős vizsgálati, AQL = 4% és B betűjelű állásban

Az 1.6.1.8. **ábra** az AQL-tervezőkorong olyan állását mutatja, amelyben egylépcsős, II. szintű, normál vizsgálat esetén az átvételi hibaszint értéke az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázata szerinti AQL = 4%, az N tételelemszám 91 és 150 közé esik (1.6.1.1. táblázat), a betűjel F, a mintaelemszám $n = 20$ (1.6.1.2. táblázat), és az átvételi szám $Ac = c = k_{megengedett} = 2$ (1.6.1.4. táblázat).

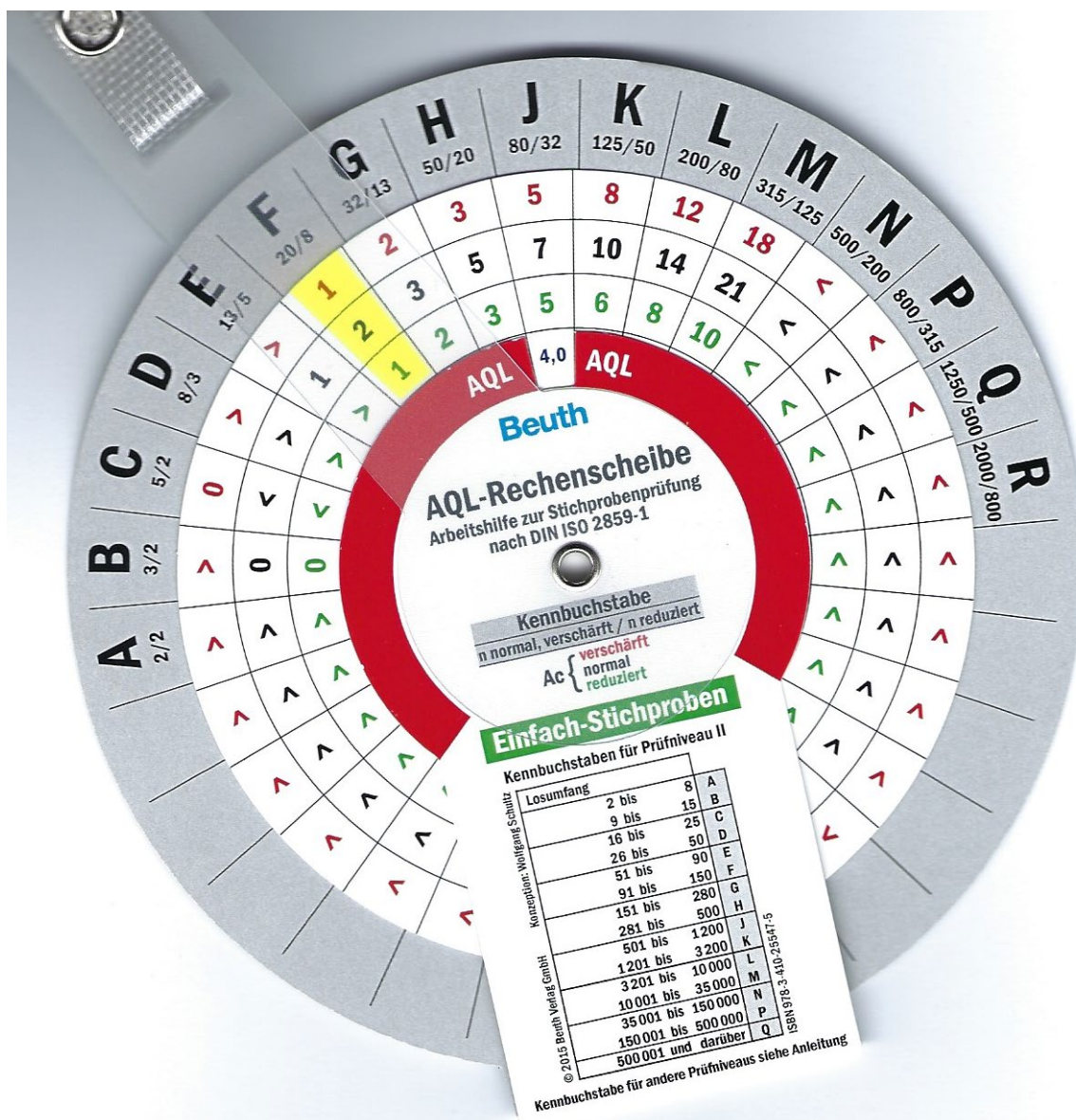
1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

Megjegyzendő, hogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabványban nem említik, hogy az $Ac = c$ átvételi számok egylépcsős, II. szintű, normál vizsgálathoz tartoznak és az N tételelemszámok függvényét képezik.



1.6.1.8. **ábra:** A Schultz-féle (2015) AQL-tervezőkorong az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány 24. táblázata szerinti egylépcsős vizsgálati, AQL = 4% és F betűjelű állásban

1.6.1.5. LQ Visszautasítási hibaszint, hibakorlát

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

(MSZ ISO 2859-2:2020, MSZ 247-1:1977)

Angolul: LQ Limiting Quality, németül: Schlechtgrenze

A visszautasítási hibaszinttel (LQ) jelzett mintavételi tervek az MSZ ISO 2859-2:2020 szabványban található olyan esetekre, amelyekben az MSZ ISO 2859-1:2008 szabvány áttérési szabályai nem alkalmazhatók, például a tételek egyediek.

Az MSZ ISO 2859-2:2020 szabványban a nulla átvételi számú (a megengedett hibás, azaz nem megfelelő elemek száma, $c = Ac = k_{\text{megengedett}} = 0$) tervek hipergeometrikus eloszlást közelítő binomiális eloszláson, a nem nulla átvételi számú (a megengedett hibás, azaz nem megfelelő elemek száma, $c = Ac = k_{\text{megengedett}}$ $c \neq 0$) tervek a binomiális eloszlást közelítő *Poisson*-eloszláson alapulnak. A binomiális eloszláson alapuló mintavételi terveket nulla átvételi számú egyedi tételek, a *Poisson*-eloszláson alapuló mintavételi terveket folyamatosan gyártott tételek minőségellenőrzése során alkalmazzuk.

A visszavont MSZ ISO 2859-2:2007 szabványban valamennyi visszautasítási hibaszintű egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú) mintavételi tervhez tartozó OC-görbét is bemutatták, az MSZ ISO 2859-2:2020 szabványban pedig a nulla átvételi számú mintavételi tervekhez tartozó, hipergeometrikus háttérű OC-görbék adatait közölték.

Az egyes mintavételi tervek statisztikai tulajdonságait az MSZ ISO 2859-2:2020 szabvány A mellékletében, a statisztikai mutatók számítmódját a szabvány B mellékletében tárgyalják. A megbízhatósági intervallum (terjedelem) technikai háttéréről ugyanennek a szabványnak a C mellékletében található rövid tájékoztatás, amely szerint a nem megfelelő elemek konfidencia intervallumát (konfidencia-terjedelmét) a megfelelő binomiális eloszlással vagy *Poisson*-eloszlással kell kiszámítani.

Az MSZ ISO 2859-2:2020 szabvány táblázataiban szereplő LQ-értékek sora az előzmény szabványban (MSZ ISO 2859-2:2007) szereplő LQ-értékek soránál bővebb, ugyanis az előnyben részesített LQ-értékek a korábbi legkisebb 0,5%-nál kisebb értékeket is felvesznek: 0,05%, 0,08%, 0,125%, 0,2%, 0,315%, 0,5%, 0,8%, 1,25%, 2%, 3,15%, 5%, 8%, 12,5%, 20% és 31,5%, mint azt az 1.6.1.6. táblázatban látni lehet.

1.6.1.6. táblázat: A mintaelemek száma (n) és a hibás elemek megengedett száma ($c = Ac = k_{\text{megengedett}}$) a mintában egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú), a II. vizsgálati szinten végzett normál élességű vizsgálat esetén, az LQ-érték függvényében az MSZ ISO 2859-2:2020 szabvány szerint

Tételelemszám N	LQ-érték, %									
	0,05		0,08		0,125		0,2		0,315	
	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac	n	c, Ac
16 – 25	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
26 – 50	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
51 – 90	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
91 – 150	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
151 – 280	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI
HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI
ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN
Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

							252	0	252	0
281 – 500	N	0	N	0	N	0	450	0	287	0
					450	0				
501 – 1200	N	0	N	0	720	0	684	0	510	0
	1080	0	1080	0						
1201 – 3200	1800	0	1710	0	1400	0	956	0	653	0
3201 – 10000	3690	0	2501	0	1676	0	1087	0	699	0
10001 – 35000	4306	0	2762	0	1793	0	1132	0	717	0
35001 – 150000	4535	0	2850	0	1830	0	1146	0	800	0
150001 – 500000	4583	0	2869	0	1838	0	1250	0	1250	1
> 500000	4601	0	2876	0	2000	0	2000	1	1250	1

Az 1.6.1.6. táblázat folytatódik

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI
HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI
ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN
Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Az 1.6.1.6. táblázat folytatása

Tételelemszám N	LQ-érték, %									
	0,5		0,8		1,25		02		3,15	
	n	c, A_c	n	c, A_c	n	c, A_c	n	c, A_c	n	c, A_c
16 – 25	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
26 – 50	N	0	N	0	N	0	N	0	N	0
51 – 90	N	0	N	0	N	0	50	0	44	0
91 – 150	N	0	N	0	90	0	80	0	55	0
151 – 280	N	0	170	0	130	0	95	0	65	0
	200	0								
281 – 500	280	0	220	0	155	0	105	0	80	0
501 – 1200	380	0	255	0	170	0	125	0	125	1
1201 – 3200	430	0	280	0	200	0	200	1	125	1
3201 – 10000	450	0	315	0	315	1	200	1	200	3
10001 – 35000	500	0	500	1	315	1	315	3	315	5
35001 – 150000	800	1	500	1	500	3	500	5	500	10
150001 – 500000	800	1	800	3	800	5	800	10	800	18
> 500000	1250	3	1250	5	1250	5	1250	10	1250	18

Az 1.6.1.6. táblázat folytatódik

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I.

kötet

Az 1.6.1.6. táblázat folytatása

Tételelemszám N	LQ-érték, %									
	5		8		12,5		20		31,5	
	n	c, A_c	n	c, A_c	n	c, A_c	n	c, A_c	n	c, A_c
16 – 25	25	0	17	0	13	0	9	0	6	0
26 – 50	28	0	22	0	15	0	10	0	6	0
51 – 90	34	0	24	0	16	0	10	0	8	0
91 – 150	38	0	26	0	18	0	13	0	13	1
151 – 280	42	0	28	0	20	0	20	1	13	1
281 – 500	50	0	32	0	32	1	20	1	20	3
501 – 1200	80	1	50	1	32	1	32	3	32	5
1201 – 3200	125	3	80	3	50	3	50	5	50	10
3201 – 10000	200	5	125	5	80	5	80	10	80	18
10001 – 35000	315	10	200	10	125	10	125	18	80	18
35001 – 150000	500	18	315	18	200	18	125	18	80	18
150001 – 500000	500	18	315	18	200	18	125	18	80	18
ó> 500000	800	18	500	18	315	18	200	18	125	18

Összegezve: E fejezetben a sorozatgyártású termékek egylépcsős (egyszeres, egyfokozatú), II. vizsgálati szinten végzett normál élességű minősítéses vizsgálattal végzett mintavételes minőségellenőrzésének hibaszint (elfogadási határ) fogalmaival foglalkoztunk az ISO 2859 szabványsorozat szerinti matematikai statisztikai értelmezés alapján.

A mintavételes minőségellenőrzés akkor éri el a célját, ha a vizsgálati minta mérete (n mintaelemszám) a vizsgálati eredmény, illetve az abból a tétel minősítésére levont következtetés megbízhatósága – esetünkben az anyag vagy szerkezet tartósságának megítélése – szempontjából elégedő nagy, **ugyanakkor a vizsgálati költségekre tekintettel a lehető legkisebb.**

Ha előírjuk valamely (például AOQ, AOQL, AQL, LQ) minőségellenőrzési hibaszint értékét, akkor a matematikai statisztika ISO 2859 szabványsorozat szerinti módszereivel a tétel alulmaradási hányadára ($p = M/N$) vonatkozólag, a tételelemszám (N) függvényében meghatározható a legkedvezőbb (optimális) mintaelemszám (n) és a minta hibás elemeinek megengedett száma ($c = A_c = k_{\text{megengedett}}$).

A célirányos, azaz megbízható és gazdaságos mintavételi terv elkészítésének előfeltétele

- a hipergeometrikus eloszlásból származtatott, $L(p | N, n, c) = H_i(c | N, M, n)$ alakú, vagy
- a binomiális eloszlásból származtatott, $L(p | n, c) = B_i(c | p, n)$ alakú, vagy
- a Poisson-eloszlásból származtatott, $L(\lambda | n, c) = P_o(c | n \times \lambda)$ alakú,

a fenti változóknak megfelelő OC-görbének, illetve az OC-görbe függvényének az ismerete.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.1. A TERMÉKEK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI HIBASZINTJE – ELFOGADÁSI
HATÁRA – FOGALMÁNAK MATEMATIKAI STATISZTIKAI
ÉRTELMEZÉSE AZ ISO 2859 SZABVÁNYSOROZATBAN
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

Az OC-görbe és az OC-görbe függvényének sajátásaival az 1.6.2. fejezetben foglalkozunk.

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE

Angolul: Operating characteristic curve

Németül: OC-Kurve, Annahmekennlinie, OC-Funktion

Franciául : Caractéristique de fonctionnement, courbe d'efficacité

1.6.2.1. Bevezetés

Az OC-görbe azt mutatja meg, hogy mekkora a valószínűsége annak, hogy az $n = 100$ elemű minta vizsgálati eredménye alapján ($k \leq c = k_{\text{megengedett}}$) megfelelőnek ítélt és elfogadott halmaz (tétel) tényleges alulmaradási hányada – mint független változó – p .

Adott p hibaarányú ($p = M/N$ alulmaradási hányadú, azaz M hibás elemet tartalmazó N elemszámú) tétel elfogadásának (átvételének) valószínűsége ($L = A_{(p)}$) az n elemszámú mintában talált nem megfelelő (hibás) elemek c számától, valamint a p és a c/n hányados kapcsolatát kifejező valószínűségi eloszlás fajtájától függ, például (Rinne et al., 1995):

- hipergeometrikus valószínűségi eloszlás esetén:

$$L(p|N;n;c) = H_i(c|N;M;n) = H_i(c|N;N \times p;n)$$

- binomiális valószínűségi eloszlás esetén:

$$L(p|n;c) = B_i(p|n;c)$$

- Poisson-eloszlás esetén:

$$L^*(p|n;c) = P_o(c|n \times p)$$

A p hibaarányú (tényleges alulmaradási hányadú) tétel elfogadásának (átvételének) valószínűsége ($A_{(p)}$) mind a mintában lévő $c = k_{\text{megengedett}}$ nem megfelelő (hibás) elemek számának növekedésével, mind a minta n elemszámának csökkenésével növekszik.

Ha az n elemszámú minta hibás elemeinek $c = k_{\text{megengedett}}$ számát $n = 100$ elemszámú mintán értelmezzük, azaz $k_{\text{megengedett}}$ az $n = 100$ elemszámú minta hibás elemeinek száma, akkor az OC-görbe függvénye:

- hipergeometrikus valószínűségi eloszlás esetén az

$$L(p|N;n;c) =$$

$$= H_i(k_{\text{megengedett}}|N;N \times p;n=100)$$

- binomiális valószínűségi eloszlás esetén az

$$L(p|n;c) = B_i(p|n=100;k_{\text{megengedett}})$$

- Poisson-eloszlás esetén az

$$L^*(p|n;c) = P_o(100 \times p|k_{\text{megengedett}})$$

alakot ölti (Rinne et al., 1995), (Hartung et al., 2009).

Megjegyzés:

A TU Clausthal egyetem Institut für Mathematik intézete interaktív weboldalt tett közzé

- a minőségellenőrzési hibaszintekhez tartozó OC-görbék értékeinek számítására:
<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/qualitaetssicherung/operationscharakteristik/>
- és a valószínűségi eloszlások számítására, amelyek némelyike a minőségellenőrzési hibaszint-számítások háttéréül is alkalmazható:
<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/verteilungen/>

A visszavont MSZ 247-1:1977 szabvány szerint az átvevő kockázatának meghatározásához adott mintavételi ellenőrzési terv esetén a terv jelleggörbét (OC-görbét) kell felhasználni, vagy ha az indokolt, ki kell számítani az AOQL átlagos kimenő hibaszintet.

1.6.2.2. Binomiális valószínűségi eloszlás hátterű OC-görbe

Az OC-görbe (nevezik működési vagy elfogadási jelleggörbének is) valamely p alulmaradási hányadú tétel $A(p)$ elfogadási valószínűségét adja meg, ha a minta elemeinek n száma és a mintában megengedett nem megfelelő elemek $k_{\text{megengedett}}$ száma adott.

Annak valószínűsége, hogy az N elemű, M nem megfelelő elemet tartalmazó halmazból visszatevés nélküli reprezentatív mintavétellel nyert n elemű mintában a nem megfelelő elemek száma k , a P_k hipergeometrikus valószínűségi eloszlással számítható ki:

$$P_k = \frac{\binom{M}{k} \times \binom{N-M}{n-k}}{\binom{N}{n}}$$

A valószínűséget pontosan leíró hipergeometrikus eloszlás esetén a visszatevés nélküli mintavétel következtében minden egyes mintaelem kivételekor megváltozik a halmaz eredeti $p = M/N$ alulmaradási hányada. A hipergeometrikus eloszlás felhasználása nehézséget jelent, hogy nagy N számok mellett a valószínűségek kiszámítása igen körülményes. Ezért azzal a közelítő feltételezéssel szokás élni, hogy a minta elemei csak az adott elem vizsgálatának idejére kerülnek ki a halmazból. Az ilyen visszatevéses reprezentatív mintavétel esetén a nem megfelelő elemek részaránya a halmazban változatlan marad, azaz $p = M/N = \text{konstans}$ (Kausay, 1970). Ebben az esetben a visszatevéses mintavétel feltételezése mellett a keresett valószínűséget a könnyebben meghatározható

$$B_k = \binom{n}{k} \times p^k \times (1-p)^{n-k}$$

binomiális valószínűségi eloszlás fejezi ki, ahol $k = 0, 1, 2, \dots, n$ és $0 \leq p \leq 1, 0$.

Példaként vizsgáljuk meg, mi a valószínűsége (B_k) annak, hogy különböző p alulmaradási hányadú tételekből $n = 100$ elemszámú mintát véve a nem megfelelő elemek száma a mintában k . A választ a 100-adrendű, p paraméterű binomiális valószínűségi eloszlás gyakoriságfüggvényei adják meg (1.6.2.1. ábra). A binomiális eloszlás diszkrét eloszlás, de szemléletesség kedvéért az 1.6.2.1. és 1.6.2.2. ábrán az egyes valószínűségeket ábrázoló pontokat összekötöttük. Az 1.6.2.1. ábrán látni, hogy a binomiális eloszlás nem szimmetrikus, hanem egyre inkább jobbra elnyúló (jobbra egyre ferdebb), ha p értéke tart a nullához. A binomiális eloszlás a $p = 0,5$ értéknél szimmetrikus, és attól $p = 0,0$, illetve $p = 1,0$ felé távolodva egyre ferdebb (jobbra, illetve balra). Ennek következménye, hogy esetünkben – lévén jobbra ferde eloszlás – a módusznál nagyobb a medián, és a mediánnál nagyobb a k független valószínűségi változó számtani középértéke (várható értéke).

A módusz (modus) a legnagyobb B_k valószínűséghez tartozó valószínűségi változó (k_{modus}), itt a gyakoriságfüggvénynek maximuma, az eloszlásfüggvénynek inflexiós pontja van.

A medián az a valószínűségi változó ($k_{\text{medián}}$), amelynél az eloszlásfüggvény $\Sigma B_k = 0,5$ értéket vesz fel, feltéve, hogy ilyen létezik (Vincze E., 1972), (Vincze I., 1958).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

A binomiális valószínűségi eloszlás gyakoriságfüggvényeiből meghatározhatók az eloszlásfüggvények, amelyek azt fejezik ki, mi a valószínűsége (ΣB_k) annak, hogy különböző p alulmaradási hányadú tételekből példánk szerint $n = 100$ elemszámú mintát véve, a nem megfelelő elemek száma a mintában legfeljebb $k_{\text{megengedett}}$ (1.6.2.2. ábra).

Az 1.6.2.2. ábra valószínűségi eloszlásfüggvényeiből leolvasható, hogy a tételből $n = 100$ elemszámú mintát véve, annak a valószínűsége, hogy a nem megfelelő mintaelemek megengedett száma – mint a tétel elfogadásának feltétele – $k_{\text{megengedett}} = 5$, például $p = 0,01$ alulmaradási hányadú tétel esetén 0,9995, $p = 0,02$ alulmaradási hányadú tétel esetén 0,9845, $p = 0,03$ alulmaradási hányadú tétel esetén 0,9192 stb. Az 1.6.2.2. ábra $k_{\text{megengedett}} = 5$ abszcisszájához tartozó $(p, \Sigma B_k)$ értékpárokat új koordináta-rendszerben ábrázolva és folyamatos vonallal összekötve, a $\Sigma B_k = A(p)$ elfogadási valószínűségeket kapjuk meg a tétel tényleges p alulmaradási hányada függvényében (1.6.2.3. ábra középső görbe). Az 1.6.2.3. ábrán megszerkesztett görbét nevezzük OC-görbének. A görbe alatti tartomány az elfogadási feltételt kielégítő esetek megjelenési helye.

Az OC-görbéből tehát például azt olvashatjuk le, mi a valószínűsége annak, hogy a p (például 0,05) alulmaradási hányadú tételből kivett n (például 100) elemszámú mintában a megengedett nem megfelelő elemek száma legfeljebb k , azaz $k_{\text{megengedett}}$ (például 5). Ebben az esetben a tételt éppen elfogadjuk, aminek a valószínűsége a példánkban $\Sigma B_k = A(p) = 0,616$.

Az OC-görbét binomiális eloszlás esetén három paraméter határozza meg:

- a valószínűségi eloszlás függvény típusa (esetünkben binomiális), amely a p , n , k változók közötti kapcsolatot fejezi ki,
- a minta elemeinek a száma (n) és
- a megengedett nem megfelelő elemek száma a mintában (c , $k_{\text{megengedett}}$).

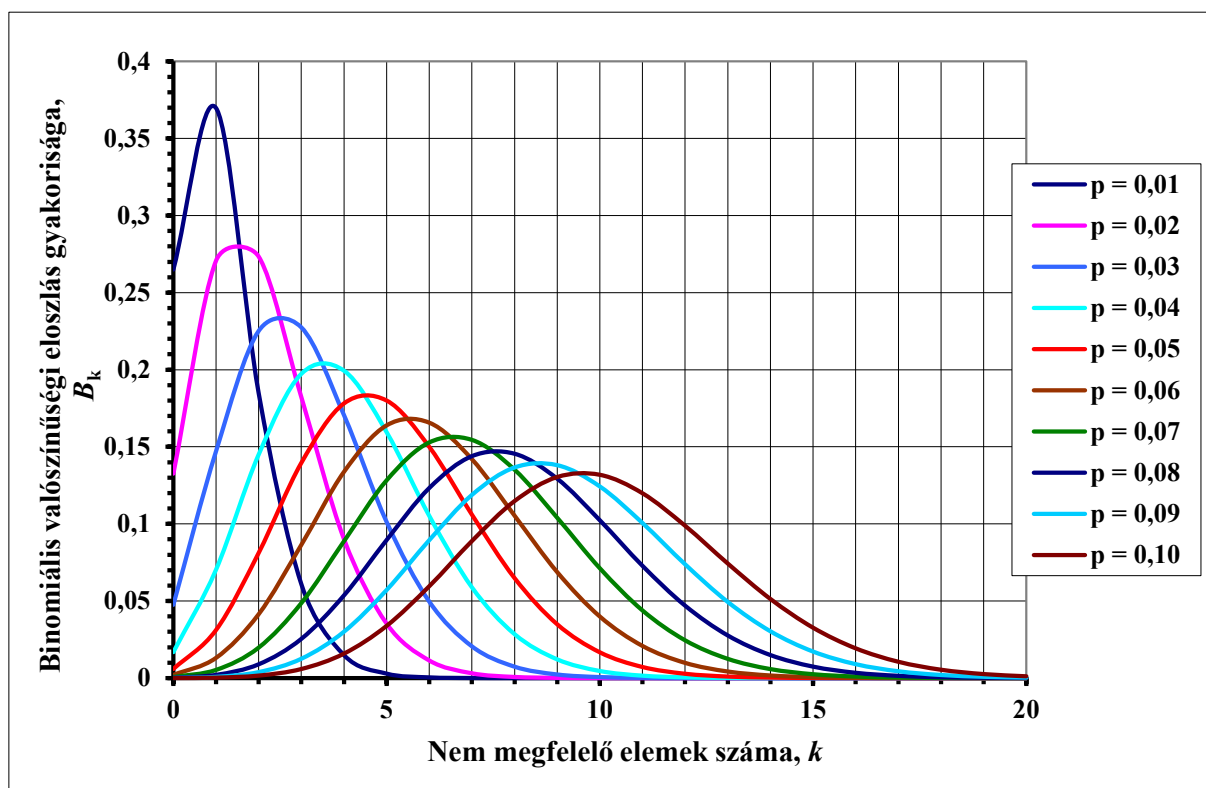
Ha adott n mintavételi szám (esetünkben $n = 100$) és adott p tényleges alulmaradási hányad esetén a megengedett nem megfelelő elemek száma növekszik a mintában (az 1.6.2.3. ábrán $k_{\text{megengedett}} = 3 \rightarrow 7$), akkor az $A(p)$ elfogadási valószínűség növekszik. Ha adott nem megfelelő mintaelemszám (esetünkben $k_{\text{megengedett}} = 5$) és adott p tényleges alulmaradási hányad esetén az n minta elemeinek száma növekszik (az 1.6.2.4. ábrán $n = 50 \rightarrow 200$), akkor az $A(p)$ elfogadási valószínűség csökken.

A mintaelemek nem megfelelőségének feltétele és a megengedett nem megfelelő mintaelemszám (részaránya) építőanyag fajtánként és szabványonként változik. Például szilárdsági szempontból nem megfelelő a betonpróbatétel, ha nyomószilárdsága kisebb, mint az f_{ck} előírt jellemző érték, és a megengedett nem megfelelő elemek száma $n = 100$ esetből $k_{\text{megengedett}} = 5$ (MSZ 4798-1:2004); szilárdsági szempontból nem megfelelő a B500 jelű bordázott hegeszthető betonacél pálcá, ha folyáshatárának jellemző értéke kisebb, mint $0,97 \times R_e = 0,97 \times 500 = 485 \text{ N/mm}^2$ és szakítószilárdsága kisebb, mint $0,97 \times R_m = 0,97 \times 600 = 582 \text{ N/mm}^2$, és a megengedett nem megfelelő elemek száma $n = 100$ esetből $k_{\text{megengedett}} = 5$ (MSZ 339:2008.10.06. szabványjavaslat) stb.

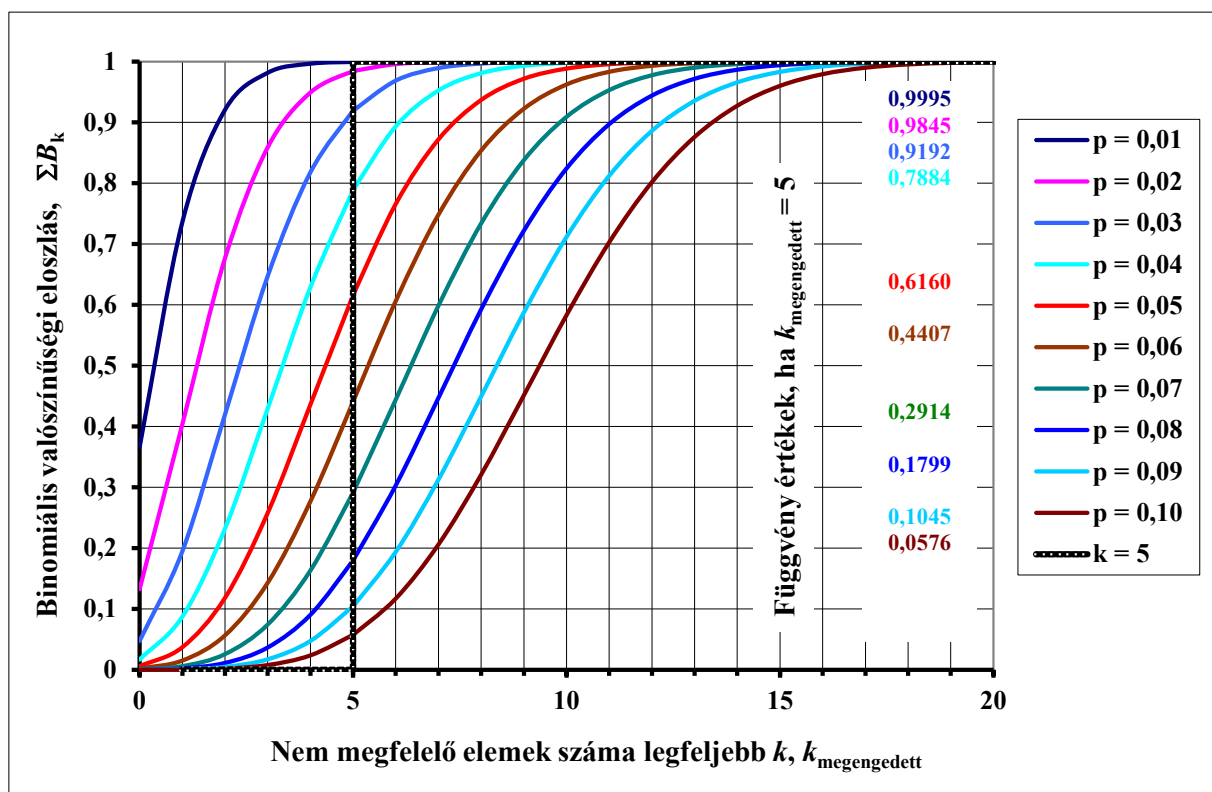
1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet



1.6.2.1. ábra: Binomiális valószínűségi eloszlás gyakoriságfüggvénye, ha a mintaelemszám $n = 100$

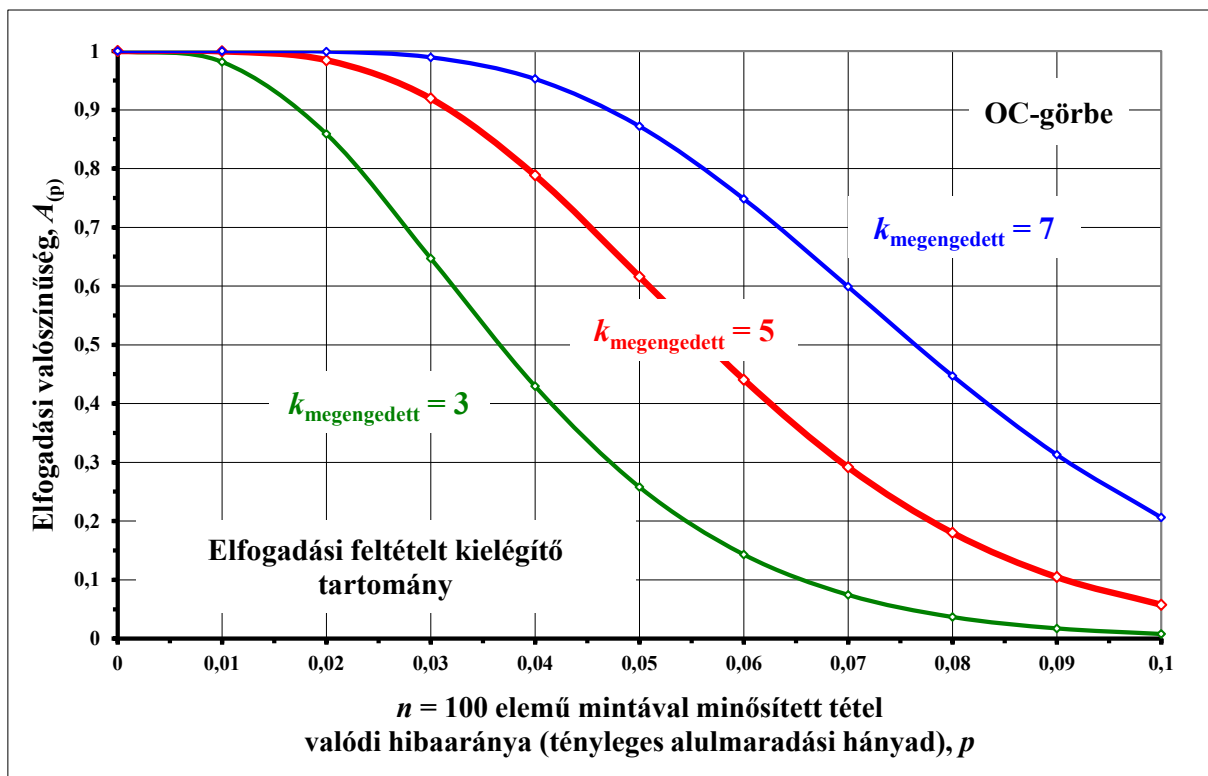


1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet

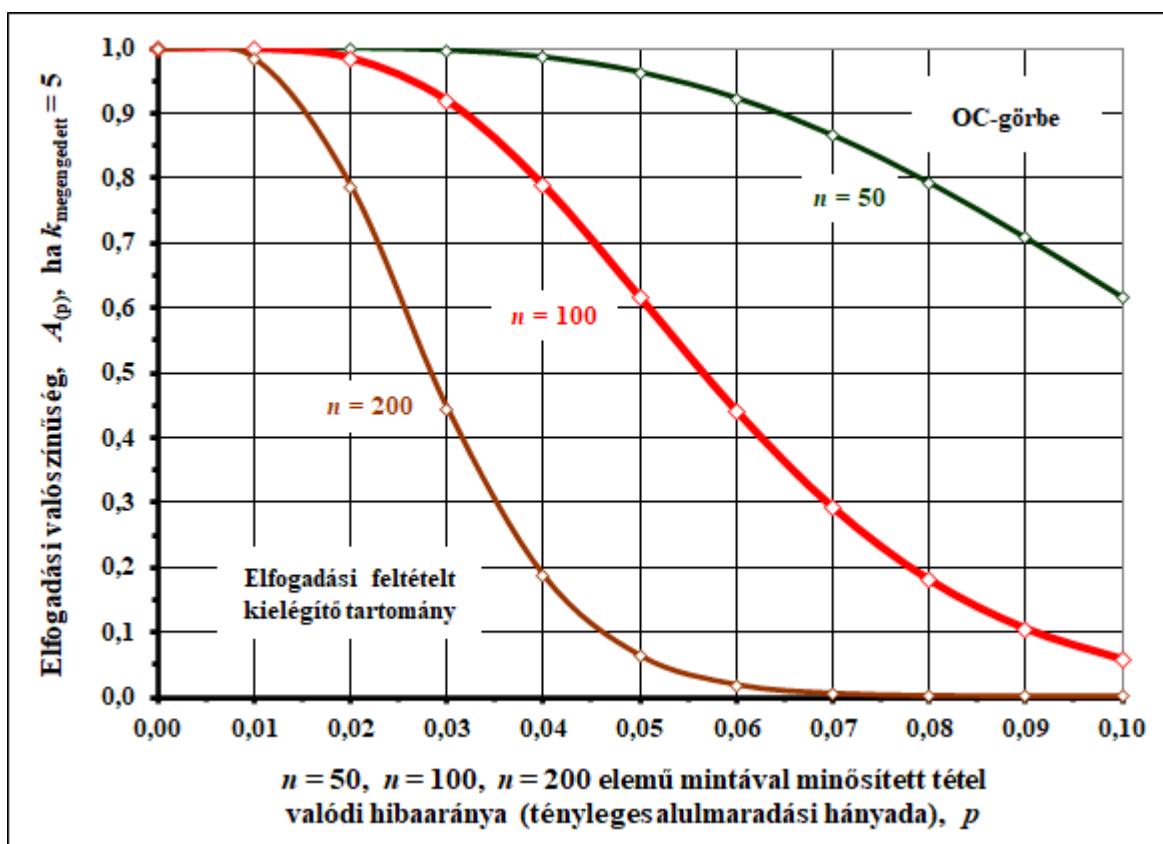
1.6.2.2. ábra: Binomiális valószínűségi eloszlásfüggvény, ha a mintaelemszám $n = 100$



1.6.2.3. ábra: Elfogadási valószínűségi görbe binomiális eloszlás feltételezésével, ha a mintaelemszám $n = 100$ és a megengedett nem megfelelő mintaelemek száma $k_{\text{megengedett}} = 3$, $k_{\text{megengedett}} = 5$ és $k_{\text{megengedett}} = 7$

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.2.4. ábra: Elfogadási valószínűségi görbe binomiális eloszlás feltételezésével, ha a mintaelemszám $n = 50$, $n = 100$ és $n = 200$, és a megengedett nem megfelelő mintaelemek száma $k_{\text{megengedett}} = 5$

1.6.2.3. OC-görbe a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének értékelésére

A CEB-CIB-FIP-RILEM munkabizottsága 1975-ben a „Recommended Principles for the Control of Quality and the Judgement of Acceptability of Concrete” című ajánlásában megadta, és 1978-ban a betonszerkezetekre vonatkozó CEB-FIP modell kódban közzétette az OC-görbék határvonalait, amelyek a kétszeres valószínűségi koordináta-rendszerben egyenesek (CEB-FIP 1978), (Palotás, 1. kötet, 1979), (Windisch et al., 1982), (Windisch et al., 1983), (György L. → MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 6.3.4.4.4. szakasza). E koordináta-rendszer hasonlít a Gauss-papírhoz (Gauss-hálóhoz), ordináta tengelye a Gauss-féle normális-eloszlás (normáleloszlás) eloszlásfüggvényének inverz függvénye szerint készült, de abszcissza tengelye nem egyenletes és nem logaritmikus, hanem feltehetőleg logaritmikus normális beosztású (1.6.2.5. és 1.6.2.6. ábra). Az 1.6.2.5. és 1.6.2.6. ábrán az alsó határvonal alatti terület a gazdaságtalan (túl biztonságos) megoldások tartománya, a felső határvonal feletti terület a nem biztonságos megoldások tartománya.

Taerwe, L. 1986-ban a CEB-FIP – transzformált koordináta-rendszerben – egyenes határvonalait görbe vonalakkal helyettesítette (1.6.2.5., illetve 1.6.2.6. ábra). A felső határgörbét (a nem biztonságos tartomány határgörbét) úgy szerkesztette meg, hogy arra fennáll a $p \times A(p) = 0,05$ egyenlőség (például $0,05 \times 1,0$; $0,1 \times 0,5$; $0,2 \times 0,25$; $0,5 \times 0,1$). Elfogadási

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

feltételeinek OC-görbéit (transzformált koordináta-rendszerben közel egyenesek) a (0,1; 0,5) koordinátájú pontban érintőlegesen a felső határgörbéhez illesztette (1.6.2.6. ábra).

Az 1.6.2.6. ábrán feltüntetett $n = 15$, $\lambda = 1,48$ alulmaradási tényezőjű *Taerwe*-féle OC-görbe a vizsgálati eredmények közötti gyenge összefüggés (egymástól nem teljesen független eredmények) esetén érvényes. Ezt alkalmazza az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány a folyamatos gyártás nyomószilárdsági megfelelőségének 1. feltételeként, és átvette az MSZ 4798-1:2004 nemzeti alkalmazási dokumentum is.

Az 1.6.2.6. ábrán – összehasonlításként – a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány elfogadási feltételének OC-görbéjét is megrajzoltuk. Az MSZ 4720-2:1980 szabvány szilárdsági előírása azon a feltételezésen alapult, hogy a szabványos betonok variációs tényezője (a nyomószilárdság szórása osztva az átlagos nyomószilárdsággal) 0,15, és szilárdság eloszlása a *Gauss*-féle normális-eloszlásnak felel meg (MÉASZ ME-04.19:1995, 6.3.4.4.3. szakasz).

Az 1.6.2.6. ábrán kitűnik, hogy míg az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerinti átadás-átvételi eljárásban $n = 15$ mintaelem esetén az elfogadási-visszautasítási valószínűség a kritikusan megfelelő betonra (alulmaradási hányad 5 %) nézve közelítőleg 40-60 % volt, addig a *Taerwe*-féle OC-görbét követő MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabványok (és utód szabványaik) szerint a folyamatos gyártás során ugyancsak $n = 15$ mintaelem esetén az átadás-visszautasítás valószínűsége a kritikusan megfelelő betonnál (alulmaradási hányad 5 %) közelítőleg 70-30 % (Kausay, 2006 és 2007).

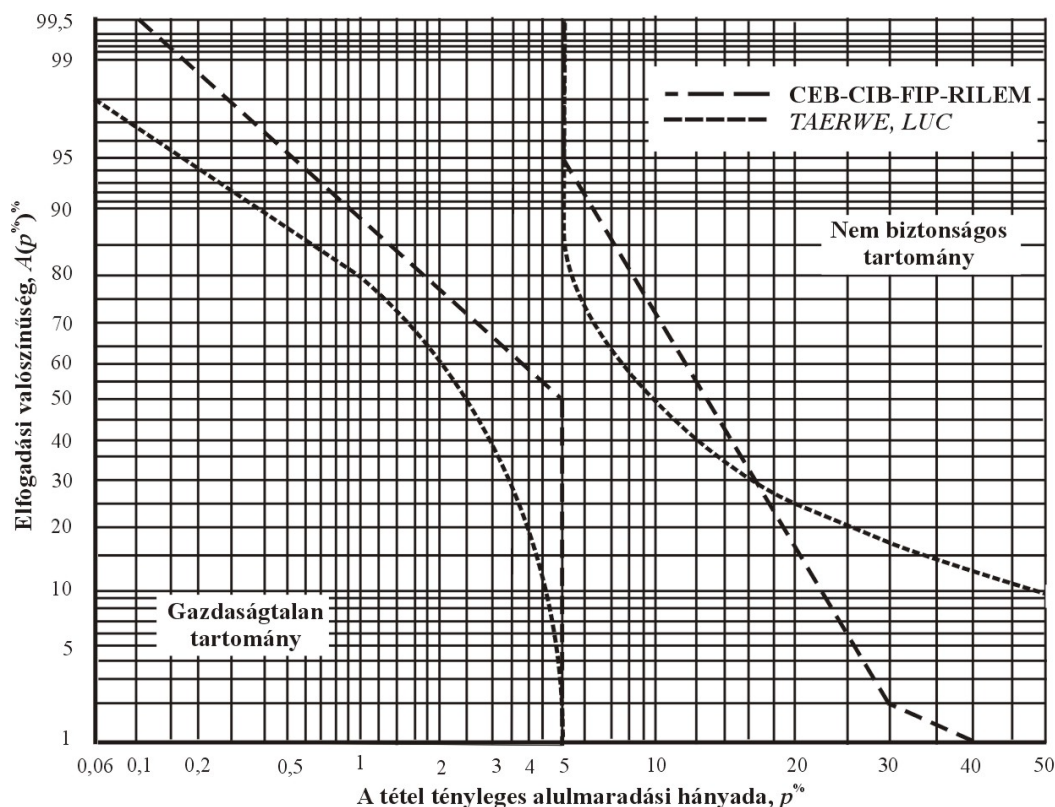
Az alulmaradási hányaddal kapcsolatban érdekességgé megjegyezzük, hogy az 1970-es évek közepén-végén úgy tervezték, hogy a beton nyomószilárdságának jellemző értékét (küszöbszilárdságát) 2,275 %-os valószínűségi szint (alulmaradási hányad) figyelembevételével fogják meghatározni, amelyhez a *Gauss*-féle normális-eloszlás esetén $2 \times \sigma$ alulmaradási tágasság tartozik (Bölcskei et al., 1974), (Palotás, 1979. 1. kötet). Az elképzelés nem valósult meg, ugyanis az MSZ 4720-2:1980 szabványban az 5 %-os alulmaradási hányad képezte a jellemző érték számításának alapját. (Az MSZ 4720-2:1980 szabványt megelőző MSZ 4720:1961 és az abban hivatkozott MSZ 4715:1961 szabvány sem alkalmazta a 2,275 %-os valószínűségi szinten történő számítást.)

Az új betonszabványokban (MSZ EN 206-1:2002, majd MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798-1:2004, majd MSZ 4798:2016) a folyamatos gyártás nyomószilárdsági megfelelőségének 1. feltételében szereplő, az $n = 15$ mintaelemszámhoz tartozó $\lambda_{n=15} = 1,48$ értékű alulmaradási tényező lényegében a korábbi betonszabványban (MSZ 4720-2:1980) szereplő *Student*-tényező szerepét tölti be. A *Student*-tényező értéke (t_n) a mintaelemszámtól függött, értéke a korábbi betonszabványban $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozólag minden esetben legalább $t_\infty = 1,645$ ($n = \infty$), de kis elemszámú minta esetén ennél lényegesen nagyobb volt. Az új betonszabványok – ezen a ponton legalábbis – egyértelműen a gyártónak kedveznek, hiszen minél kisebb az $f_{ck} = f_{cm} - \lambda_n \times s_n$ összefüggésben a szorzóként szereplő λ_n , illetve t_n alulmaradási tényező, adott átlagos nyomószilárdság (f_{cm}) és szórás (s_n) esetén annál nagyobb jellemző érték (f_{ck}) adódik. Az új és a régi betonszabványok megfelelőségi feltételrendszere alapvetően különbözik, és ez az OC-görbék eltérő elhelyezkedésében is megmutatkozik: a régi szabvány a beépített beton nyomószilárdságát egy szűrőpróbaszerűen is alkalmazható megfelelőségi feltétellel biztosította, az új szabványok pedig egy folyamatos nyomon követést és utólagos javítást feltételező – de

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

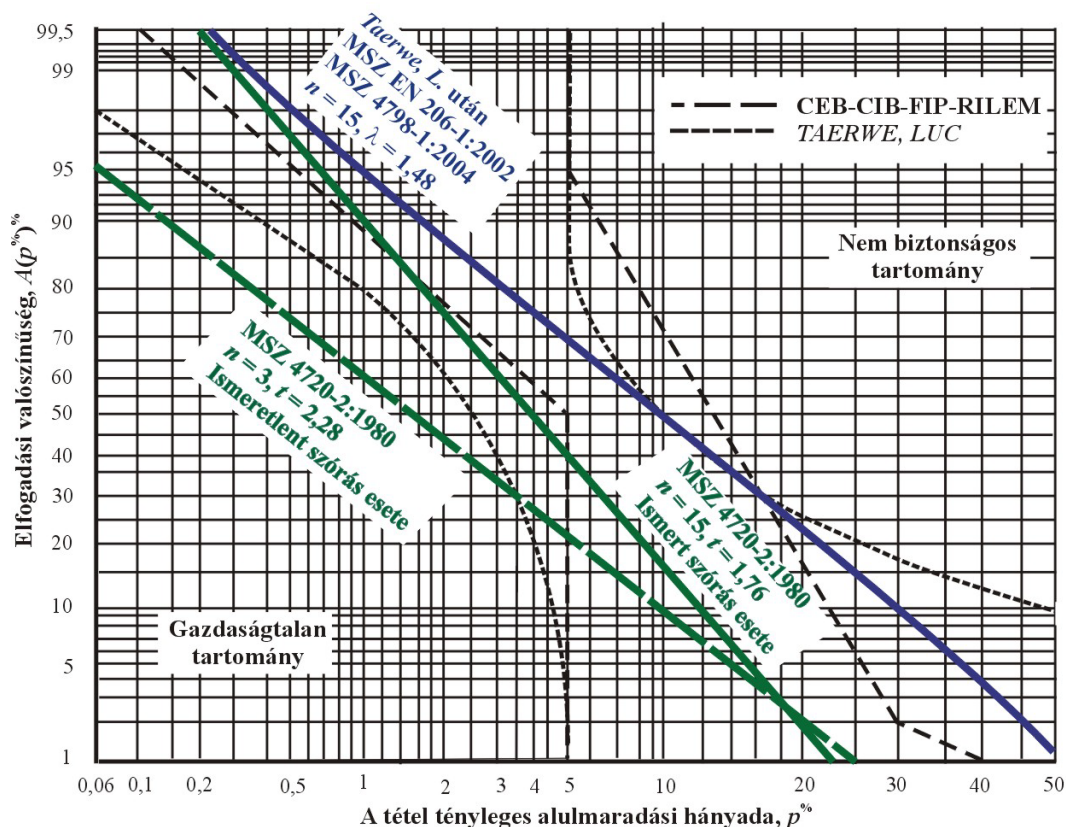
azt elő nem író – minőségbiztosítási rendszer részeként alkalmazható megfelelőségi feltétellel kívánják biztosítani. A beton valamely nyomószilárdsági osztályát az európai szabvány szerint kisebb biztonsággal, kisebb nyomószilárdságokkal lehet elérni, mint a régi MSZ 4720-2:1980, vagy akár a régi DIN 1084:1988 és DIN 1045:1988 szabvánnyal lehetett (Zäschke, 1994), (Fischer, 1999).



1.6.2.5. ábra: Az OC-görbék határvonalai a CEB-CIB-FIP-RILEM ajánlás szerint (MSZ 4720-2:1980) és azok Taerwe, L. által módosított változatai (MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 és utód szabványaik) (Taerwe, 1986)

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.2. OC-GÖRBE, MŰKÖDÉSI JELLEGGÖRBE, ELFOGADÁSI JELLEGGÖRBE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet



1.6.2.6. ábra: Taerwe, L. elfogadási feltételének OC-görbéje a vizsgálati eredmények közötti gyenge összefüggés esetén (1986) összehasonlítva a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány ismeretlen és ismert relatív szóráson alapuló elfogadási feltételének OC-görbéjével (MÉASZ ME-04.19:1995)

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

1.6.3. KONFIDENCIA JELLEMZŐK

Konfidencia angolul: Confidence

Konfidencia németül: Konfidenz, Vertrauen

Konfidenciaszint angolul: Level of confidence

Konfidenciaszint németül: Konfidenzniveau, Vertrauensniveau

Szignifikanciaszint angolul: Level of significance

Szignifikanciaszint németül: Signifikanzniveau

Konfidencia-terjedelem angolul: Confidence interval

Konfidencia-terjedelem németül: Konfidenzbereich, Vertrauensbereich

Konfidenciahatár angolul: Confidence limit

Konfidenciahatár németül: Konfidenzgrenze, Vertrauensgrenze

1.6.3.1. Bevezetés

A **konfidencia** latin eredetű szó (confidentia = önbizalom, bátorság, megbízhatóság), *Bakos* szerint (1973) a statisztikai jelenségek becslésének megbízhatóságát jelenti. A konfidencia a mérnöki gyakorlatban mind a méretezés, mind az anyag tulajdonságok jellemzése stb. terén gyakran használt fogalom, kifejezés. (visszavont MSZ 256-2:1973)

Konfidenciaszintnek azt a kétoldali vizsgálat esetén konfidenciahatárokkal vagy egyoldali vizsgálat esetén konfidenciahatárral kijelölt matematikai statisztikai valószínűséget (sűrűséggörbe alatti területet) nevezzük, amellyel a valószínűségi változó megfelelőnek tartott értékei előfordulnak. (visszavont MSZ 256-2:1973), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok)

Más szóval a konfidenciaszint a vizsgált tételben a megfelelőségi feltételt kielégítő minták valószínű részaránya.

A konfidenciaszint kapcsolata a szignifikanciaszinttel: $\beta = 1 - \alpha$, illetve $\beta\% = 100 - \alpha\%$, ahol α a szignifikanciaszint.

Szignifikanciaszintnek azt a kétoldali vizsgálat esetén szignifikanciahatárokkal, egyoldali vizsgálat esetén szignifikanciahatárral kijelölt matematikai statisztikai valószínűséget (sűrűséggörbe alatti területet) nevezzük, amellyel a valószínűségi változó meg nem felelő értékei előfordulnak.

Más szóval a szignifikanciaszint a vizsgált tételben a megfelelőségi feltételt (konfidenciahatár) ki nem elégítő minták valószínű részaránya, azaz alulmaradási hányada.

A **konfidencia intervallum** (konfidencia-terjedelem) a matematikai statisztika becslésméleti fogalma. (*Hartung* et al., 2009)

A matematikában, matematikai statisztikában az intervallumon valamely két adott szám közötti számok, illetve valamely egyenes két adott pontja közötti pontok halmazát értik (visszavont MSZ 256-2:1973), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok).

A konfidencia intervallum (konfidencia-terjedelem) egy olyan becslési tartomány, amely adott valószínűséggel tartalmazza az ismeretlen paramétert (*Farkas M.* et al., 1979).

A **konfidenciahatár kétoldali vizsgálat** esetén a megbízhatósági tartománynak (konfidencia-terjedelemnek, konfidencia intervallumnak) az alsó és felső határa, amelyek közé a vizsgált valószínűségi változónak a becsült paramétere (például az átlagértéke vagy a szórásnégyzete)

adott valószínűséggel (adott konfidenciaszinten, például $\beta_2 = 0,90$) esik, illetve *egyoldali vizsgálat* esetén a megbízhatósági tartománynak (konfidencia-terjedelemnek, konfidencia intervallumnak) például a felső határa, amely alatt a valószínűségi változónak a becsült paramétere adott valószínűséggel (adott konfidenciaszinten, például $\beta_1 = 0,95$) helyezkedik el (visszavont MSZ 256-2:1973), (MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989 visszavont szabványok).

1.6.3.2. Az átlagérték és a szórásnégyzet konfidencia jellemzői

Az átlagérték vagy a szórásnégyzet konfidencia-terjedelmébe (konfidencia intervallumába) nem a halmaz valamely tulajdonságának minden eleme, hanem a halmaz valamely tulajdonsága átlagának vagy szórásnégyzetének értéke esik bizonyos valószínűséggel.

1.6.3.2.1. Az átlagérték konfidenciahatárai

A valószínűségi változó *átlagértékének* eloszlási függvénye *szimmetrikus*.

A halmaz valamely *ismert relatív szórású* (V_x) tulajdonságának *ismeretlen* μ *átlagértékét* az n elemszámú $\bar{x}$ átlagértékű, $\sigma_{\bar{x}}^2$ szórásnégyzetű vizsgálati minta vizsgálati eredményeinek normális-eloszlást (*Gauss-féle eloszlást*) követő $\bar{x}$ átlagértékéből becsülhetjük, mely esetben a halmaz ismeretlen μ átlagértéke *kétoldali vizsgálat* esetén β_2 valószínűséggel a

$$\mu_{\text{alsó}} = \bar{x} - u_{\beta_2} \times \sigma_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + u_{\beta_2} \times \sigma_{\bar{x}} = \mu_{\text{felső}}$$

konfidenciahatárok között fekszik, ahol u_{β_2} a normális-eloszlás β_2 valószínűséghez (konfidenciaszinthez, megbízhatósági szinthez) tartozó kvantilise. A kvantilist a mérnöki gyakorlatban általában alulmaradási tényezőnek szoktunk nevezni. A standardizált normális-eloszlás u_{β_2} alulmaradási tényezőjének értéke a β konfidenciaszint függvényében a matematikai statisztikával foglalkozó könyveknek a normális-eloszlás függvényadatait tartalmazó táblázataiban található.

Az u_{β_2} alulmaradási tényező (kvantilis) az alsó és a felső konfidenciahatárral kifejezve:

$$u_{\beta_2} = \frac{\bar{x} - \mu_{\text{alsó}}}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{\mu_{\text{felső}} - \bar{x}}{\sigma_{\bar{x}}}$$

Az irodalomból (Plate, 1993) ismert, hogy az n elemszámú vizsgálati minta vizsgálati eredményeinek $\sigma_{\bar{x}}^2$ szórásnégyzete a feltételek szerint egyenlő a halmaz tulajdonsága korábbi, elegendő számú vizsgálatából ismert σ^2 szórásnégyzetének n -edével, azaz $\sigma_{\bar{x}}^2 = \sigma^2 / n$; amelyből a vizsgálati eredmények szórásának ($\sigma_{\bar{x}}$) és a halmaz tulajdonsága ismert szórásának (σ) a kapcsolata: $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Ennek az összefüggésnek a felhasználásával kapjuk, hogy

- *kétoldali vizsgálat* esetén az *ismert relatív szórású* (V_x) normális-eloszlású (*Gauss-eloszlású*) halmaz tulajdonsága *átlagának* például $\beta_2 = 1 - \alpha_2 = 0,90$ konfidenciaszinthez (megbízhatósági szinthez) tartozó $\mu_{\text{alsó}}$, illetve $\mu_{\text{felső}}$ konfidenciahatára (1.6.3.1. ábra):

$$\mu_{\text{alsó}} = \bar{x} - u_{\beta_2=0,90} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \text{ illetve } \mu_{\text{felső}} = \bar{x} + u_{\beta_2=0,90} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

és a konfidencia-terjedelem (konfidencia intervallum):

$$\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = u_{\beta_2=0,90} \times \frac{2 \times \sigma}{\sqrt{n}}$$

- *egyoldali vizsgálat* esetén az *ismert relatív szórású* (V_x) normális-eloszlású (*Gauss-eloszlású*) halmaz tulajdonsága *átlagának* például $\beta_1 = 1 - \alpha_1 = 0,95$ konfidenciaszinthez (megbízhatósági sinthez) tartozó $\mu_{\text{alsó}}$, illetve $\mu_{\text{felső}}$ konfidenciahatára:

$$\mu_{\text{alsó}} = \bar{x} - u_{\beta_1=0,95} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \text{ illetve } \mu_{\text{felső}} = \bar{x} + u_{\beta_1=0,95} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

és a konfidencia-terjedelem (konfidencia intervallum):

$$\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = u_{\beta_1=0,95} \times \frac{2 \times \sigma}{\sqrt{n}}$$

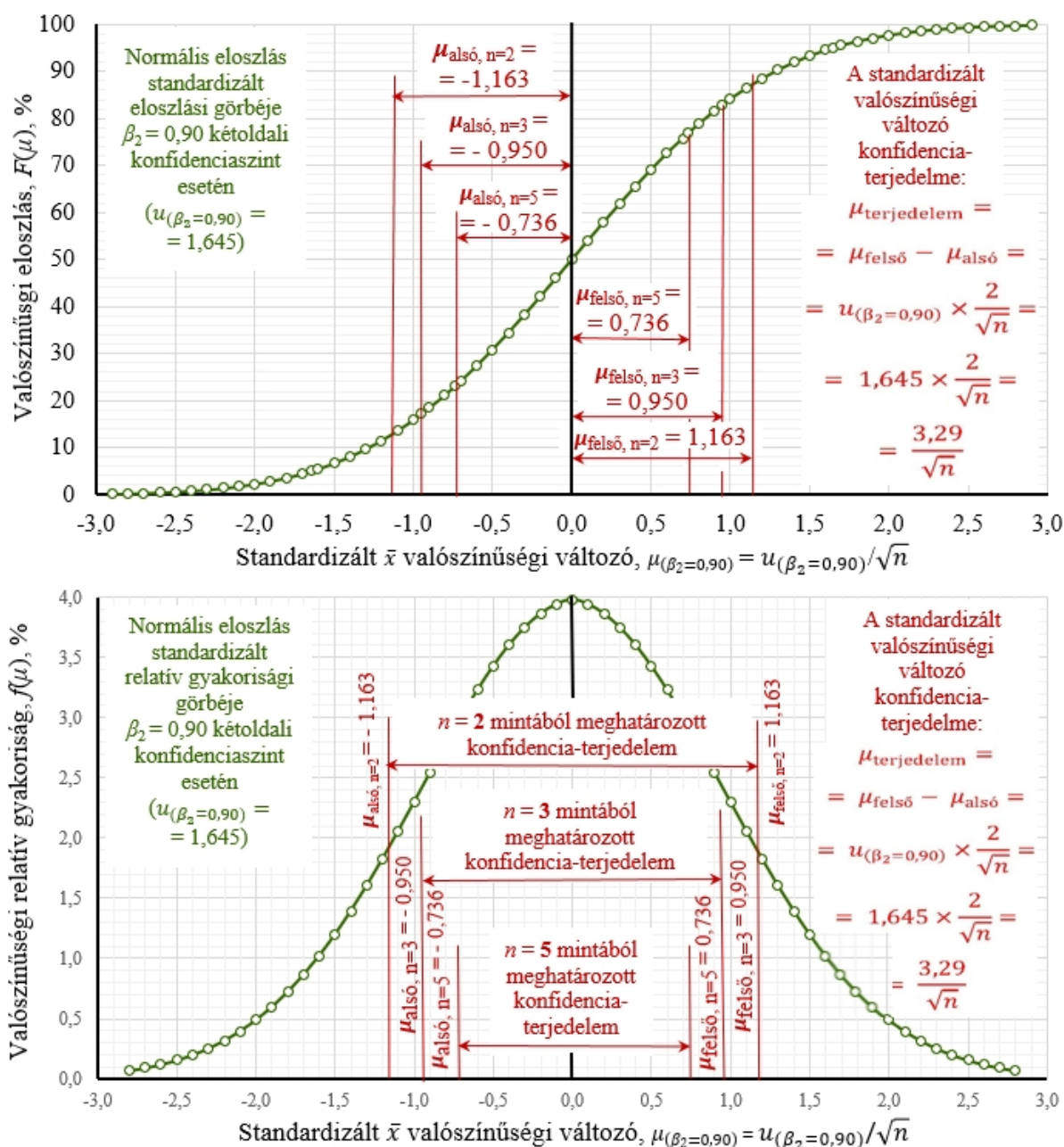
Az $u_{\beta_1=0,95}$ és a $u_{\beta_2=0,90}$ alulmaradási tényező értéke a $\beta_1 = (1 + \beta_2)/2$ összefüggés folytán egyaránt 1,645, azaz $u_{\beta_1=0,95} = u_{\beta_2=0,90} = 1,645$.

Megjegyzendő, hogy az ismert szórás áttételes fogalom, mert voltaképpen nem a szórás (σ), hanem a relatív szórás (V_x) tekinthető megfelelő körülmények között ismertnek. Az „ismert szórás” (σ) nem egy konstans érték, hanem az ismert relatív szórásból (V_x) és a vizsgálati eredmények átlagából ($\bar{x}$) esetenként számított érték ($\sigma = V_x \times \bar{x}$).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.
kötet



1.6.3.1. ábra: Normális valószínűségi eloszlás konfidencia jellemzői kétoldali $\beta_2 = 0,9$ konfidenciaszinten

A halmaz valamely ismeretlen relatív szórású (V_x) tulajdonságának ismeretlen μ átlagértékét az n elemszámú, $f = n - 1$ szabadságfokú, $\bar{x}$ átlagértékű, $S_{\bar{x}}^2$ szórásnégyzetű vizsgálati minta vizsgálati eredményeinek t -eloszlást (*Student*-féle eloszlást) követő $\bar{x}$ átlagértékéből becsülhetjük, mely esetben a halmaz ismeretlen μ átlagértéke kétoldali vizsgálat esetén β_2 valószínűséggel a

$$\mu_{\text{alsó}} = \bar{x} - t_{\beta_2, f} \times S_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + t_{\beta_2, f} \times S_{\bar{x}} = \mu_{\text{felső}}$$

konfidenciahatárok között fekszik, ahol

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

a vizsgálati minta szórásnégyzete, más szóval a tapasztalati (empirikus, korrigált) szórásnégyzete és $t_{\beta_2,f}$ a standardizált t -eloszlás β_2 valószínűséghez (konfidenciaszinthez, megbízhatósági szinthez) tartozó kvantilise, a *Student*-tényezőnek nevezett alulmaradási tényezője. A standardizált t -eloszlás $t_{\beta_2,f}$ alulmaradási tényezőjének, a *Student*-tényezőnek az értéke a β konfidenciaszint és az $f = n - 1$ szabadságfok függvényében a matematikai statisztikával foglalkozó könyveknek a t -eloszlás függvényadatait tartalmazó táblázataiban és azabványokban (például: visszavont MSZ 256-2:1973) található.

Mint hogy a vizsgálati eredmények szórásának ($s_{\bar{x}}$) és a halmaz tulajdonsága ismeretlen szórásának ($\tilde{s}_{\bar{x}}$) a kapcsolata (Plate, 1993): $s_{\bar{x}} = \frac{\tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}$, az $\tilde{s}_{\bar{x}}$ értékkel kifejezett $s_{\bar{x}}$ szórás behelyettesítése után a $t_{\beta_2,f}$ alulmaradási tényező (*Student*-tényező) a halmaz alsó és felső konfidenciahatárával kifejezve:

$$t_{\beta_2,f} = \frac{\bar{x} - \mu_{\text{alsó}}}{\tilde{s}_{\bar{x}}} \times \sqrt{n} = \frac{\mu_{\text{felső}} - \bar{x}}{\tilde{s}_{\bar{x}}} \times \sqrt{n}$$

Mindezek felhasználásával adódik, hogy

- kétoldali vizsgálat esetén az ismeretlen relatív szórású (V_x) t -eloszlású (*Student*-eloszlású) halmaz tulajdonsága átlagának például $\beta_2 = 1 - \alpha_2 = 0,90$ konfidenciaszinthez (megbízhatósági szinthez) tartozó $\mu_{\text{alsó}}$, illetve $\mu_{\text{felső}}$ konfidenciahatára:

$$\mu_{\text{alsó}} = \bar{x} - t_{\beta_2=0,90,f} \times \frac{\tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}, \text{ illetve } \mu_{\text{felső}} = \bar{x} + t_{\beta_2=0,90,f} \times \frac{\tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}$$

és a konfidencia-terjedelem (konfidencia intervallum):

$$\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = t_{\beta_2=0,90,f} \times \frac{2 \times \tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}$$

- egyoldali vizsgálat esetén az ismeretlen relatív szórású (V_x) t -eloszlású (*Student*-eloszlású) halmaz tulajdonsága átlagának például $\beta_1 = 1 - \alpha_1 = 0,95$ konfidenciaszinthez (megbízhatósági szinthez) tartozó $\mu_{\text{alsó}}$, illetve $\mu_{\text{felső}}$ konfidenciahatára:

$$\mu_{\text{alsó}} = \bar{x} - t_{\beta_1=0,95,f} \times \frac{\tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}, \text{ illetve } \mu_{\text{felső}} = \bar{x} + t_{\beta_1=0,95,f} \times \frac{\tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}$$

és a konfidencia-terjedelem (konfidencia intervallum):

$$\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = t_{\beta_1=0,95,f} \times \frac{2 \times \tilde{s}_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}$$

Egyazon f szabadságfok (n mintaelemszám) esetén a $t_{\beta_1=0,95,f}$ és a $t_{\beta_2=0,90,f}$ *Student*-tényező értéke a $\beta_1 = (1 + \beta_2)/2$ összefüggés folytán azonos, például $f = 4$ ($n = 5$) esetén 2,132, azaz $t_{\beta_1=0,95,f} = t_{\beta_2=0,90,f} = 2,132$.

Valamely halmaz tulajdonságának átlagértéke adott konfidencia-terjedelmének biztosításához szükséges mintaelemszám – a β konfidenciaszinthez (megbízhatósági szinthez) tartozó alulmaradási tényező (például u vagy t , jelöljük általánosságban η betűvel) függvényében – a következő összefüggéssel számítható ki:

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

$$n_{\text{szükséges}} \geq \left(\frac{2 \times \eta_{\beta}}{\mu_{\text{terjedelem}}} \right)^2,$$

Például *ismert relatív szórás* (V_x), illetve a normális-eloszlás esetén az átlagérték legfeljebb $\mu_{\text{terjedelem}} = 1,4$ értékű standardizált konfidencia-terjedelmének eléréséhez $\beta_2 = 0,90$ ($\beta_1 = 0,95$) konfidenciaszinten (alulmaradási tényező: $\eta_{\beta_2} = u_{\beta_2} = 1,645$) legalább 6 darab mintaelemre (vizsgálati próbatestre) van szükség ($n_{\text{szükséges}} \geq 5,52$).

Ismeretlen relatív szórás (V_x), illetve a t -eloszlás esetén annnyival bonyolultabb a szükséges mintaelemszám kiszámítása, hogy az alulmaradási tényező (*Student-tényező*) maga is a mintaelemszám függvénye. Példánk esetén a megoldás 8 darab szükséges mintaelem, mert $\beta_2 = 0,90$ ($\beta_1 = 0,95$) konfidenciaszinten $n = 8$ esetén a *Student-tényező*: $\eta_{\beta_2} = t_{\beta_2=0,90;f=7} = 1,895$, és így $n_{\text{szükséges}} \geq (2 \times 1,895/1,4)^2 = 7,33$

Számpéldák a halmaztulajdonság μ átlagértéke konfidencia jellemzőinek számítására:

Első számpélda. Legyen valamely típusú, minden tekintetben azonos feltételekkel készített és vizsgált kéttámaszú előregyártott feszített vasbeton födempalló halmaz adott terhelés mellett, támaszközépen, 28 napos korban mért lehajlásának a korábbi, elegendő számú vizsgálatból *ismert relatív szórása* (*variációs együtthatója*) $V_x = 0,185$. Vegyünk az időszerű gyártás során e födempalló halmazból $n = 5$ darab födempallót, és vizsgáljuk meg adott terhelés mellett, támaszközépen, 28 napos korban a lehajlását (1.6.3.2. ábra). Ha a mért lehajlások átlagértéke $\bar{x} = 3,87$ mm, amelyhez tartozó – a korábbi, elegendő számú vizsgálatból *ismert relatív szórással* számított – szórás $\sigma = 0,185 \times 3,87 = 0,716$ mm, akkor például $\beta_2 = 0,90$ kétoldali konfidenciaszinten (az alulmaradási tényező értéke a standardizált normális-eloszlás kétoldali alulmaradásra vonatkozó táblázatából: $u_{\beta_2=0,90} = 1,645$) a 28 napos korú födempalló halmaz átlagos lehajlásának ($\mu_{\text{terjedelem}}$) konfidencia-terjedelme (konfidencia intervalluma, becslési tartománya), amelybe az időszerű gyártás adott időszakában készült födempallók átlagos lehajlása 90%-os valószínűséggel esik, mm mértékegységben:

$$\mu_{\text{alsó}} = 3,87 - 1,645 \times \frac{0,716}{\sqrt{5}} = 3,34 \leq \mu \leq 4,40 = 3,87 + 1,645 \times \frac{0,716}{\sqrt{5}} = \mu_{\text{felső}},$$

amelyből: $\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = 4,40 - 3,34 = 1,06$ mm;

és ugyancsak $\beta_2 = 0,90$ kétoldali megbízhatósági szinten a konfidencia-terjedelem mm mértékegységben (konfidenciaszinten a konfidencia intervallum), ha a vizsgált födempallók száma csak $n = 3$ darab, és a mért lehajlások átlagértéke most is $\bar{x} = 3,87$ mm:

$$\mu_{\text{alsó}} = 3,87 - 1,645 \times \frac{0,716}{\sqrt{3}} = 3,19 \leq \mu \leq 4,55 = 3,87 + 1,645 \times \frac{0,716}{\sqrt{3}} = \mu_{\text{felső}},$$

amelyből: $\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = 4,55 - 3,19 = 1,36$ mm.

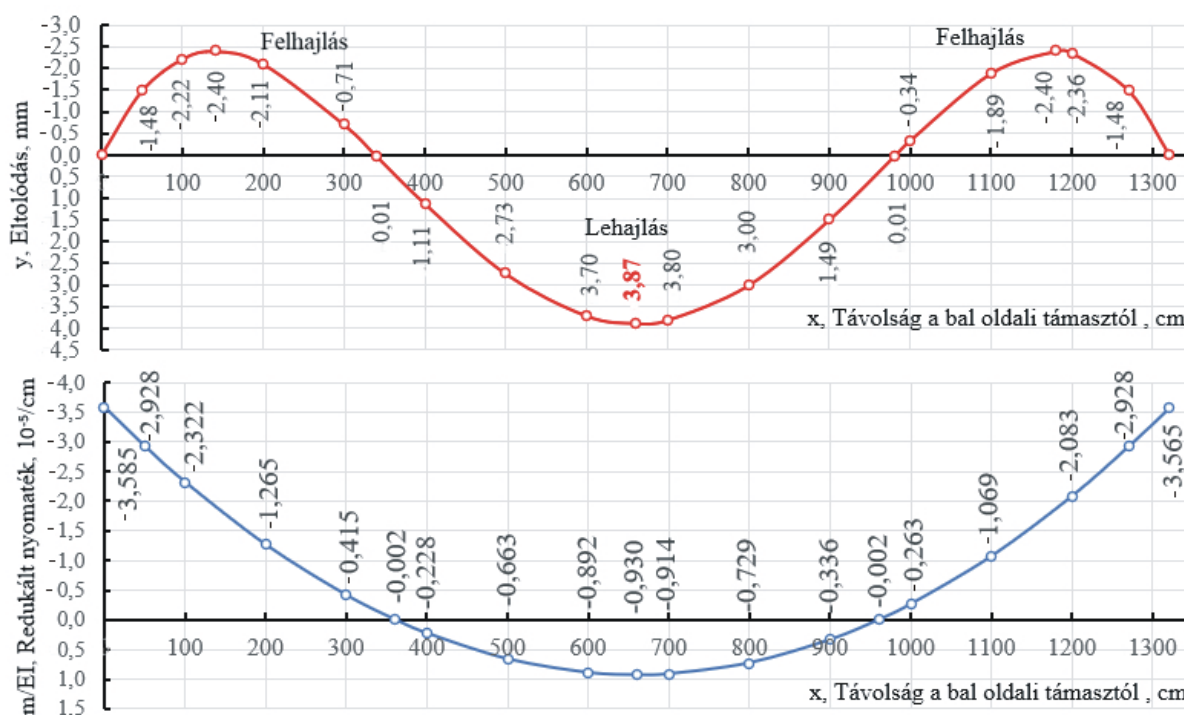
Ugyanezeket a $\mu_{\text{felső}}$ konfidenciahatárokat kapjuk, ha *egyoldali vizsgálattal* azt kérdezzük, hogy a szóban forgó födempallók átlagos lehajlása 28 napos korban, támaszközépen, $\beta_1 = 0,95$ valószínűséggel ($u_{\beta_1=0,95} = 1,645$) mely értéket nem lépi túl, ha a *relatív szórás ismert* (1.6.3.1. ábra).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.

kötet



1.6.3.2. ábra: Előregyártott feszített vasbeton földémpalló eltolódási (felül) és redukált nyomatéki (alul) ábrája (Kausay, 1982)

A fenti számpéldában és az 1.6.3.1. ábrán is látni, hogynormális-eloszlás esetén az n mintaelemszám csökkenésével a halmaz μ átlagértékének konfidencia-terjedelme (μ terjedelem) növekszik, mint azt könyvében Plate (1993) és szerzőtársaival Hartung (2009) is említi.

Második számpélda. Ha valamely típusú, minden tekintetben azonos feltételekkel készített kéttámaszú előregyártott feszített vasbeton földémpalló halmaz adott terhelés mellett, támaszközépen, 28 napos korban mért lehajlásának *relatív szórása ismeretlen*, és e földémpalló halmazból vett $n = 5$ darab földémpalló adott terhelés mellett, támaszközépen, 28 napos korban mért lehajlásának átlagértéke $\bar{x} = 3,87$ mm és szórása $s = 0,716$ mm, akkor például $\beta_2 = 0,90$ kétoldali konfidenciaszinten, $f = 4$ szabadságfok mellett (az alulmaradási tényező értéke a t -eloszlás kétoldali alulmaradásra vonatkozó táblázatából: $t_{\beta_2=0,90; f=4} = 2,132$) a 28 napos korú földémpalló halmaz átlagos lehajlásának konfidencia-terjedelme (konfidencia intervalluma, becslési tartománya), amelybe a időszerű gyártás adott időszakában készült földémpallók átlagos lehajlása 90%-os valószínűséggel esik:

$$\mu_{\text{alsó}} = 3,87 - 2,132 \times \frac{0,716}{\sqrt{5}} = 3,19 \leq \mu \leq 4,55 = 3,87 + 2,132 \times \frac{0,716}{\sqrt{5}} = \mu_{\text{felső}},$$

amelyből: $\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = 4,55 - 3,19 = 1,36$ mm;

és ugyancsak $\beta_2 = 0,90$ kétoldali megbízhatósági szinten (konfidenciaszinten) a konfidencia-terjedelem, ha a vizsgált földémpallók száma csak $n = 3$ darab (a szabadság fok: $f = 2$), és a mért lehajlások átlagértéke ($\bar{x}$) és szórása (s) most is $\bar{x} = 3,87$ mm és $s = 0,716$ mm, az alulmaradási tényező értéke pedig a t -eloszlás kétoldali alulmaradásra vonatkozó táblázatából: $t_{\beta_2=0,90; f=2} = 2,920$:

$$\mu_{\text{alsó}} = 3,87 - 2,920 \times \frac{0,716}{\sqrt{3}} = 2,66 \leq \mu \leq 5,08 = 3,87 + 2,920 \times \frac{0,716}{\sqrt{3}} = \mu_{\text{felső}},$$

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

amelyből: $\mu_{\text{terjedelem}} = \mu_{\text{felső}} - \mu_{\text{alsó}} = 5,08 - 3,87 = 1,21 \text{ mm}$.

Ugyanezeket a $\mu_{\text{felső}}$ konfidenciahatárokat kapjuk, ha ugyanakkora n mintaelemszám esetén *egyoldali vizsgálattal* azt kérdezzük, hogy a szóban forgó fődempallók átlagos lehajlása 28 napos korban, támaszközépen, $\beta_1 = 0,95$ valószínűséggel ($t_{\beta_1=0,95; f=4} = 2,132$, illetve $t_{\beta_1=0,95; f=2} = 2,920$) mely értéket nem lépi túl, ha a *relatív szórás ismeretlen*.

A fenti példában látni, hogy t -eloszlás esetén az n mintaelemszám csökkenésével a halmaz μ átlagértékének konfidencia-terjedelme ($\mu_{\text{terjedelem}}$) csökken.

Fentiekben a halmaznormális-eloszlású tulajdonsága szimmetrikus eloszlást követő átlagértékének konfidencia jellemzőit tanulmányoztuk. A valószínűségi változó szórásnégyzetének konfidencia jellemzői – az eltérő eloszlási függvényalak következtében – ettől eltérők.

1.6.3.2.2. A szórásnégyzet konfidenciahatárai

A normális-eloszlású valószínűségi változó *szórásnégyzetének* eloszlási függvénye *nem szimmetrikus*, hiszen a szórásnégyzet mindig pozitív érték, alsó határértéke nulla, felső határértéke pedig gyakorlatilag nincs. A jelenség a χ^2 -eloszlással írható le.

A halmaztulajdonság ismert μ_x átlagértéke és ismert σ_x^2 szórásnégyzete esetén a χ^2 értéke a halmaztulajdonság ismert szórásnégyzetének (σ_x^2), a vizsgálati minta valószínűségi változója (x) – a halmaztulajdonság ismert μ_x átlagértékével számított – szórásnégyzetének ($\tilde{s}_x^2$) és a mintaelemszámnak (n) képezi a függvényét:

$$\chi^2 = \frac{\tilde{s}_x^2}{\sigma_x^2} \times n$$

A minta x valószínűségi változójának μ_x átlagértékkel számított szórásnégyzete ($\tilde{s}_x^2$) a mintaelemszámmal (n) egyező szabadságfokkal (f) kifejezhető, azaz $f = n$:

$$\tilde{s}_x^2 = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2$$

A minta valószínűségi változója szórásnégyzetének ($\tilde{s}_x^2$) konfidenciahatárai:

$$s_{x, \text{alsó}}^2 = \chi_{n, \text{alsó}}^2 \times \frac{\sigma_x^2}{n} \leq \tilde{s}_x^2 \leq \chi_{n, \text{felső}}^2 \times \frac{\sigma_x^2}{n} = s_{x, \text{felső}}^2$$

A χ^2 értékének alsó és felső konfidenciahatárát a β_2 konfidenciaszint (megbízhatósági szint) és az f szabadságfok függvényében táblázatból vehetjük (1.6.3.1. táblázat)

1.6.3.1. táblázat: A χ^2 -eloszlású valószínűségi változó χ^2 értékének alsó és felső konfidenciahatára. Részlet *Erich J. Plate* könyvének (1993) 9.2-3 táblázatából (lásd még: ISO 12491:1997)

f	$\beta_1 = 0,95; \beta_2 = 0,90$		$\beta_1 = 0,975; \beta_2 = 0,95$		$\beta_1 = 0,995; \beta_2 = 0,99$	
	$\chi_{\text{alsó}}^2$	$\chi_{\text{felső}}^2$	$\chi_{\text{alsó}}^2$	$\chi_{\text{felső}}^2$	$\chi_{\text{alsó}}^2$	$\chi_{\text{felső}}^2$
2	0,10	5,99	0,05	7,38	0,01	10,60
3	0,35	7,81	0,22	9,35	0,07	12,84
4	0,71	9,49	0,48	11,14	0,21	14,86

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

5	1,15	11,07	0,83	12,83	0,41	16,75
6	1,63	12,59	1,24	14,45	0,68	18,55

A halmaztulajdonság ismeretlen μ_x átlagértéke esetén a halmaztulajdonság ismert σ_x^2 szórásnégyzete mellett – nem a minta x valószínűségi változójának μ_x átlagértékkel számított szórásnégyzetét kell kiszámítani, hanem – a minta saját $\bar{x}$ átlagértékével kell a minta $f = n - 1$ szabadságfokú tapasztalati szórásnégyzetét meghatározni:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Ebben az esetben a minta valószínűségi változója szórásnégyzetének (s_x^2) konfidenciahatárai:

$$s_{x \text{ alsó}}^2 = \chi_{f, \text{alsó}}^2 \times \frac{\sigma_x^2}{n-1} \leq s_x^2 \leq \chi_{f, \text{felső}}^2 \times \frac{\sigma_x^2}{n-1} = s_{x \text{ felső}}^2$$

Számpéldák a vizsgálati eredmények szórásnégyzete konfidencia jellemzőinek számítására:

Harmadik számpélda. Például, ha valamely kéttámaszú előregyártott feszített vasbeton gerenda gyártmány 28 napos kori támaszközepi lehajlásának hosszú időn keresztül megfigyelt átlagértéke $\mu_x = 4,1$ mm, és – ismert $V_x = 0,185$ értékű relatív szórása folytán – ismert szórásnégyzete: $\sigma_x^2 = (V_x \times \mu_x)^2 = 0,575$ mm², akkor például $\beta_1 = 0,95$ konfidenciaszint és például

- $n = 6$ mintaelemszám ($f = n$) esetén az 1.6.3.1. táblázat szerint a χ^2 értékének felső konfidenciahatára $\chi_{f, \text{felső}}^2 = 12,59$, amelyből az $n = 6$ darab vizsgált feszített vasbeton gerenda lehajlása szórásnégyzetének ($\tilde{s}_x^2$) felső konfidenciahatára: $s_{x \text{ felső}}^2 = 12,59 \times 0,575 / 6 = 1,21$ mm²;
- $n = 3$ mintaelemszám ($f = n$) esetén az 1.6.3.1. táblázat szerint a χ^2 értékének felső konfidenciahatára $\chi_{f, \text{felső}}^2 = 7,81$, amelyből az $n = 3$ darab vizsgált feszített vasbeton gerenda lehajlása szórásnégyzetének ($\tilde{s}_x^2$) felső konfidenciahatára: $s_{x \text{ felső}}^2 = 7,81 \times 0,575 / 3 = 1,50$ mm².

Negyedik számpélda. Ha a harmadik példabeli kéttámaszú előregyártott feszített vasbeton gerenda gyártmány 28 napos kori támaszközepi lehajlásának átlagértéke (μ_x) ismeretlen, de szórásnégyzete ismert ($\sigma_x^2 = 0,575$ mm²), akkor például $\beta_1 = 0,95$ konfidenciaszint és például

- $f = n - 1 = 5$ szabadságfok esetén az 1.6.3.1. táblázat szerint a χ^2 értékének felső konfidenciahatára $\chi_{f, \text{felső}}^2 = 11,07$, amelyből az $n = 6$ darab vizsgált feszített vasbeton gerenda lehajlása szórásnégyzetének ($\tilde{s}_x^2$) felső konfidenciahatára: $s_{x \text{ felső}}^2 = 11,07 \times 0,575 / 5 = 1,27$ mm²;
- $f = n - 1 = 2$ szabadságfok esetén az 1.6.3.1. táblázat szerint a χ^2 értékének felső konfidenciahatára $\chi_{f, \text{felső}}^2 = 5,99$, amelyből az $n = 3$ darab vizsgált feszített vasbeton gerenda lehajlása szórásnégyzetének ($\tilde{s}_x^2$) felső konfidenciahatára: $s_{x \text{ felső}}^2 = 5,99 \times 0,575 / 2 = 1,72$ mm².

A harmadik és negyedik számpéldában látjuk, hogy a χ^2 -eloszlás esetén az n mintaelemszám csökkenésével az x valószínűségi változó μ_x , illetve $\bar{x}$ átlagértékkel számított $\tilde{s}_x^2$, illetve s_x^2 szórásnégyzetének felső konfidenciahatára növekszik.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. KONFIDENCIA JELLEMZŐK Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I.
kötet

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

1.6.4.1. Bevezetés

Az extrémérték-eloszlás vagy más szóval extremális-eloszlás egy eloszláscsaládot leíró gyűjtőfogalom, amely azért figyelemre méltó, mert a műszaki tudományokban is elterjedten alkalmazott normális-eloszlással (*Gauss*-eloszlással) és *t*-eloszlással (*Student*-eloszlással) szemben az extrémérték-eloszlás általában nem – vagy csak kivételes esetekben, és akkor is csak közelítőleg – szimmetrikus, és ezért a tényleges valószínűségi előfordulások modellezésére széleskörben alkalmazható.²⁶⁹

Az extrémérték-eloszláscsalád tagjai az I. (*Gumbel*-féle), II. (*Fréchet*-féle) és III. (*Weibull*-féle) típusú extrémérték-eloszlás.

A matematikai statisztikában extrémérték-eloszláson a független és azonos eloszlású x_i valószínűségi változójú n elemű minták ($\mathbb{R}$ halmazok) nagyság szerint sorba rendezett mintaelemei szélsőértékeinek, azaz a minták legnagyobb (M_n) vagy legkisebb (m_n) értékeinek (vizsgálati adatainak), az úgy nevezett extrémértékeknek vagy kiugró értékeknek a valószínűségi eloszlását értik (*Rinne*, 1995), (*Murthy et al.*, 2004), (*Rinne*, 2008, 2009), (*Kabluchko*, 2015).

Más értelemben például a normális-eloszlás eloszlás esetén kiugró értékeknek azokat tekintik, amelyek a szórás háromszorosánál jobban eltérnek az átlagtól.

Az extrémérték-eloszlás nem csak a szélsőértékek, hanem a jellemző értékek (karakterisztikus értékek) valószínűségi eloszlásának leírására is alkalmas (*Rinne* 1995).

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode méretezési szabványban a meteorológiai hatásokat extrémérték-eloszlás feltételezésével vették figyelembe.

Az extremális-eloszlás betontechnológiai szempontból azért érdemel figyelmet, mert *Mistéth Endre* (1974, 1977) nyomán *Ujhelyi János* (1978, 1985) szerint átlagos színvonalú betonkészítés esetén a nyomószilárdság valószínűségi eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B 50 – B 140, mai C16/20 alatti betonok) tartományában, vagy az erősen képlékeny konzisztencia esetén a jobbra ferde (jobbra elnyúló, pozitív ferdeségű) logaritmikusan normális-eloszlással közelíthető, míg a nagyobb szilárdságok tartományában (B 400 – B 560, mai C20/25 fölötti betonok), vagy földnedves konzisztencia esetén a balra ferde (balra elnyúló, negatív ferdeségű) második alsó extremális-eloszlással (1.6.4.1. ábra) közelíthető*. A közepes szilárdságok (B 200 – B 280, mai C16/20 – C20/25) tartományában normális lehet a nyomószilárdság eloszlása. Ezt az elvet a gyakorlatban a beton nyomószilárdsága jellemző értékének, illetve alulmaradási tágasságának kiszámításához a szilárdság eloszlásának ferdeségét figyelembe vevő k tényező $k = 0,54 + 0,1027 \times \sqrt{R_m}$ összefüggésének – amelyben R_m az átlagos nyomószilárdság N/mm² mértékegységben – alkalmazásával 1980 júliusa és 2004

²⁶⁹ Például:

- a visszavont DIN 1055-100:2001 szabványban a változó hatások jellemző (karakterisztikus) értékének fogalmát, amely ritkán fellépő értéknek felel meg, adott referencia-időszakra vonatkozóan az extrémérték-eloszlás 98%-os kvantiliseként határozták meg;
- az acél fáradási élettartamát az extrémérték-eloszláscsaládba tartozó *Weibull*-eloszlással szokás jellemezni (*Braml* 2010);
- *Mistéth Endre* méretezéselmélete az extrémérték-eloszláson alapul (Lásd: *Weibull*-eloszlás).

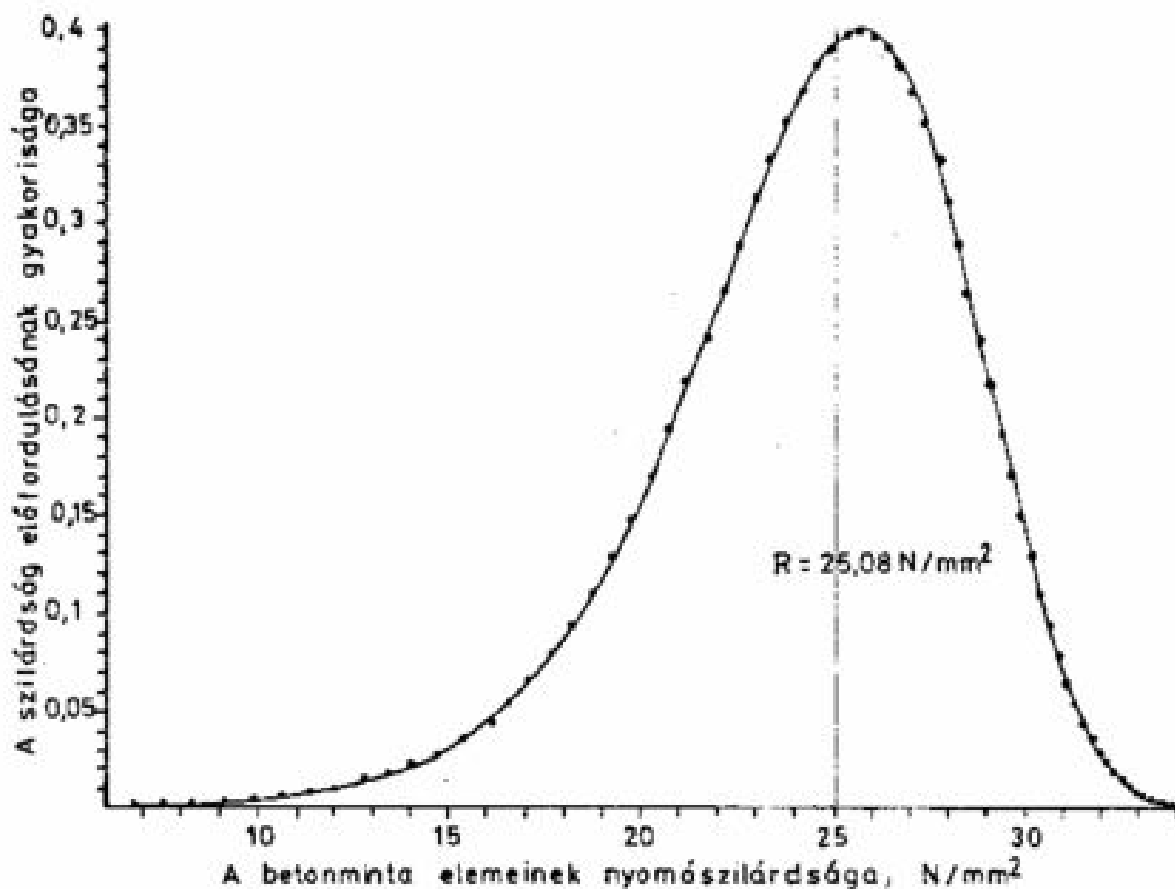
1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

augusztusa között az MSZ 4720-2:1980 szabvány érvénye idején követtük. A mai MSZ EN szabványokban a betonszilárdságok normális-eloszlását, tehát a szilárdságértékek szimmetrikus eloszlását tételezik fel.

*Megjegyzés: Az *Ujhelyi* (1978, 1985) említette „második alsó extrémális-eloszlás” alatt a III. típusú alsó *Weibull*-eloszlás értendő, ugyanis *Mistéth Endre* hivatkozott műveiben (1974, 1977, 2001) a *Weibull*-eloszlást II. típusú extrémérték-eloszlásként (extremális-eloszlásként) tárgyalta, és a *Fréchet*-eloszlást nevezte III. típusú extrémális-eloszlásnak; és *Ujhelyi János* ezt a sorszámozást *Mistéth Endrétől* átvette. *Mistéth* (1974) idevágó mondata így szól: „Az alsó extremumok eloszlásfüggvényei közül a II. típusú a leggyakoribb. A műszaki gyakorlatban még *Weibull*-eloszlás néven is ismert.”



1.6.4.1. **ábra:** A „második” alsó extrémérték-eloszlású (értsd: a III. típusú alsó *Weibull*-eloszlású) beton sűrűségfüggvényének ábrája *Ujhelyi János* betontechnológiai jegyzetében (1985)

Megjegyzés: *Ujhelyi János* dolgozataiban a balra elnyúló sűrűségfüggvényű (negatív ferdeségű) eloszlást jobbra ferdülőnek nevezte. Könyvünkben a negatív ferdeségű eloszlást balra ferdülőnek tekintjük.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Az extrémális-eloszlás méretezési alkalmazását hazánkban *Mistéth Endre*²⁷⁰ (1974, 1977, 2000, 2001) dolgozta ki. *Mistéth Endre* munkáiban a terhek maximumainak eloszlásfüggvénye a felső extrémális-eloszlást, a teherhordó anyagok tulajdonságai minimumainak eloszlásfüggvénye az alsó extrémális-eloszlást követi.

Az extrémérték-eloszlás kutatásának kezdeti eredményeit *Johnson* és szerzőtársai (1970) *Bortkiewicznek*²⁷¹ (1922) és *Misesnek*²⁷² (1923) tulajdonítják. *Bortkiewicz* (1922) szabatosan

²⁷⁰ *Mistéth Endre* (1912, Buziásfürdő, Bánát – 2006, Budapest) hídépítőmérnök. Középiskolai tanulmányait magyar katonai alreál és főreál iskolákban végezte. Mérnöki diplomát 1935-ben szerzett a Műegyetemen. Önálló tervező irodát 1940-ben nyitott, ezévben lett a BME I. sz. Hídépítési Tanszékén tanársegéd, majd adjunktus, és tervei alapján ebben az évben épült meg a rekordnyílású szolnoki merevítőgerendás ívhíd.

A II. világháborút követően részt vett a hidak újjáépítésében, megtervezte a budapesti ideiglenes „Manci” hidat, és Kossuth-hidat. Kisgazdapárti politikusként 1945-1946 között ipari minisztériumi államtitkár, majd újjáépítési miniszter, illetve építési és közmunkaügyi miniszter volt. Politikai nézetei miatt, koholt vádak alapján, 1947-1955 között börtönt szenvedett. Szabadulása után még három és fél évig még rendőri felügyelet alatt állt, a joghátrányoktól csak 1958. december 28-án mentesítették. Szabadulása után az Uvaterben, majd 1962-től a Vizitervben, legutóbb szakági főmérnökként dolgozott. Számos hidat tervezett, és jelentős eredményeket ért el a méretezéselméletben.

A műszaki doktori címet 1963-ban, a műszaki tudományok kandidátusa címet 1969-ben, az akadémiai doktori címet 1978-ban nyerte el. 1983-tól volt a BME címzetes egyetemi tanára.

Kitüntetései: Akadémiai Díj (1991), a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal (1992), Eötvös József-koszorú (1995), Széchenyi-díj (1996), amelyet a méretezéselmélet fejlesztésért kapott, a Magyar Köztársaság Érdemrend nagykeresztje (2006).

Lásd még *dr. Tassi Géza* megemlékezését *dr. Mistéth Endréről* a Vasbetonépítés c. folyóirat 2012. évi 3. számának 96. oldalán, és *Török Bálint* méltató sorait a Magyar Szemle 2017. évi 7-8. számában.

²⁷¹ *Ladislav von Bortkiewicz (Bortkewitsch)* (1868, Pétervár – 1931, Berlin) német statisztikus. Lengyel katonatiszti családból származott, jogi és államigazgatási tanulmányait Pétervárott végezte, majd Straßburgban, Göttingenben, Lexisben, Bécsben, és Lipcsében tanult. 1893-ban Göttingenben doktori fokozatot szerzett. 1901-ben a Berliini Egyetem (ma Humboldt Egyetem) docense, 1920-ban egyetemi tanára lett. Matematikai és statisztikai tanulmányai maradandó hatást tettek rá, későbbi elméleti matematikai kutatási eredményei a valószínűségszámítás egyik megalapozójává tették.

²⁷² *Richard von Mises* (1883, Lemberg – 1953, Boston) német származású matematikus, fizikus, filozófus. Felsőfokú matematikai, fizikai és gépészmérnöki tanulmányait a bécsi Műszaki Főiskolán 1907-ben fejezte be. 1908-ban Brünmben doktorált. A Strassburgi

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

felírta a legnagyobb mintaértékek eloszlását, *Mises* (1923) pedig megadta azok várható értékét. *Dodd*²⁷³ (1923) elsőként számította ki a különböző valószínűségi eloszlások legnagyobb értékének mediánját²⁷⁴ (*Rinne*, 2009).

Egyetemen 1909-ben az alkalmazott matematika professzorává nevezték ki. Az I. világháború alatt vezetésével tervezték meg az egyik első, de gyártásba nem vett, 600 lóerős osztrák-magyar harci repülőgépet (*Mises-Flugzeug*). 1919-1920 között a drezdai Műszaki Főiskola hidrodinamika és aerodinamika, 1920-1933 között a Berlini Egyetem matematika professzora volt. 1921-ben megalapította a *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* című alkalmazott matematikai és mechanikai folyóiratot. *Mises* röviddel Hitler hatalomra kerülése után 1933 novemberében Törökországba emigrált, és 1939-ig az Isztambuli Egyetem Elméleti és Alkalmazott Matematikai Tanszékének vezetőjeként tevékenykedett. 1939-ben áttelepült az Egysült Államokba, és a cambridge-i Harvard Egyetem docense, 1944-től haláláig az aerodinamika és alkalmazott matematika professzora volt. Szerteágazó érdeklődése a valószínűségelméletre is kiterjedt, a relatív gyakoriságra épülő valószínűségi számítási modelljét 1928-ban tette közzé, és továbbfejlesztve 1936-ban hozta nyilvánosságra.

²⁷³ *Edwaed Lewis Dodd* (1875, Cleveland – 1943, Austin) amerikai matematikus. Diplomát 1901-ben a clevelandi Western Reserve Egyetemenn, Ph.D. fokozatot 1904-ben a Yale Egyetemen szerzett. Ezt követően két éven át az állami Iowai Egyetem, majd egy évig az Illinoisi Egyetemen tanított matematikát. 1907-től a Texasi Egyetem matematika tanára, ahol 1917-ben rendkívüli professzorrá, 1923-ban professzorrá nevezték ki. Több amerikai matematikai, ökonometriai, pedagógiai társaságban is tevékenykedett. Főbb kutatási területe a valószínűségi számítás, a statisztika és a biztosítási matematika volt.

²⁷⁴ A medián latin eredetű kifejezés, jelentése: középső. A medián a $p = 0,5$ értékű, illetve százalékosan az 50%-os kvantilis neve és értéke. A medián a minta középső elemének értéke. A kvantilis szintén latin eredetű szó (*quantitas* = mennyiség), a matematikai statisztikában azt a független valószínűségi változót jelenti, amely adott arányban osztja fel a rendezett mintát vagy a sűrűséggörbe alatti területet.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

*Tippett*²⁷⁵ (*Tippett*, 1925) és *Fischer*²⁷⁶ (*Fischer et al.*, 1928) elsősorban az I. típusú felső extrémérték-eloszlással foglalkozott (1928).

Az I. típusú extrémérték-eloszlás meteorológiai alkalmazására *Revfeim* (1984) dolgozott ki modellt.

*Fréchet*²⁷⁷ (1927) tette közzé az első olyan tanulmányt, amely a valószínűségi folyamatok kezdeti eloszlásának (initial distribution; Anfangsverteilung) alapeszméjére épült, és aki az aszimptotikus eloszlásokat a legnagyobb értékkel jellemezte. *Fréchet* (1927) a II. típusú extrémérték-eloszlást tette ismertté.

²⁷⁵ *Leonard Henry Caleb Tippett*, elterjedt nevén *LHC Tippett* (1902, London – 1985, London) angol statisztikus, fizikus. Fizikai tanulmányait az 1920-as évek elején az Imperial College London egyetemen zárta, majd az University College London egyetemen a *Karl Pearson* (1857, London – 1936, Capel, Egyesült Királyság) vezette Galton Laboratóriumban (Galton Laboratory) és *Ronald Aylmer Fisher* (1890, London – 1962, Adelaide, Ausztrália) tanítványaként a Rothamsted mezőgazdasági kutatóintézetben (Harpenden, Hertfordshire grófság) képezte tovább magát. Legjelentősebb eredményeit az extrémérték-elmélet és a statisztikai minőségellenőrzés területén érte el.

²⁷⁶ *Ronald Aylmer Fisher* (1890, London – 1962, Adelaide, Ausztrália) angol statisztikus és biológus. Matematikai tanulmányait a Cambridge-i Egyetemen (University of Cambridge) 1912-ben fejezte be. Ezt követően matematika tanárként dolgozott 1919-ig, amikor is – bár elhelyezkedhetett volna a *Karl Pearson* vezette Galton Laboratóriumban is – a harpendeni Rothamsted mezőgazdasági kutatóintézet megüresedett statisztikusi állását foglalta el. Ebben közrejátszhatott, hogy *Pearson* 1917-ben megjelent könyvében kétségbe vonta *Fisher* valószínűség-elméleti felkészültségét, és ez kettőjük viszonyát életre szólóan megrontotta. Az állásváltoztatás hozadéka volt, hogy *Fisher* az 1842 óta felhalmozott rothamsted-i mezőgazdasági kutatási eredmények adatfeldolgozása kapcsán 1921-ben bevezette a valószínűség fogalmát a statisztikába, és ezzel lerakta a korszerű matematikai statisztika alapjait. *Fisher* 1933-ban – *Pearson* visszavonulását követően – a Galton Laboratórium vezetője, majd 1943-ban a Cambridge-i Egyetem genetikai professzora lett. 1957-ben Ausztráliába költözött, és az Adelaide-i Egyetemen folytatta statisztikai kutatásait. Számos tudományos társaság kitüntetését és egyetem tiszteletbeli diplomáját birtokolta. Hét könyvet és több száz cikket írt, amelyek több mint nyolcvan különböző szakfolyóiratban jelentek meg.

²⁷⁷ *Réne-Maurice Fréchet* (1878, Maligny – 1973, Párizs) francia matematikus. 1910-1919 között az Université de Poitiers, 1920-1927 között az Université de Strasbourg, 1928-1948 között az Université de Paris egyetem professzora volt. Kutatási munkáival jelentősen hozzájárult a topológia, a matematikai statisztika, valamint a differenciál- és integrálszámítás fejlődéséhez.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

*Gumbel*²⁷⁸ az 1940-es években a természeti katasztrófák előre jelezhetőségét kutatta, és ennek kapcsán az I. típusú extrémérték-eloszlás elméletét pontosította, és annak számos gyakorlati alkalmazási módját dolgozta ki (1958). Tiszteletére az I. típusú extrémérték-eloszlás a *Gumbel*-eloszlás nevet is viseli.

A felső *Gumbel*-eloszlás sűrűségfüggvényének (relatív gyakoriságfüggvényének) alakja:

$$g_f(x|a; b) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)} - e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)}$$

és az eloszlásfüggvény alakja:

$$G_f(x|a; b) = e^{-e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)}},$$

amelyekbe $u = (x - a)/b$, illetve $a = 0$ és $b = 1$ helyettesítéssel azok standardizált alakja nyerhető:

$$g_f(u|a = 0; b = 1) = e^{-u} - e^{-u}$$

$$G_f(u|a = 0; b = 1) = e^{-e^{-u}}$$

ahol:

$u = (x - a)/b \geq 0$ = független valószínűségi változó

a = helyparaméter (angolul: location parameter, németül: Positionsparameter, Standortparameter, Schichtparameter)

b = skálaparaméter (angolul: scale parameter, németül: Skalenparameter)

1.6.4.2. Egyszerűsített extrémérték-eloszlás

Az I. típusú felső extrémérték-eloszlás (*Gumbel*-eloszlás) az extrémérték-eloszlások különleges (speciális) esete, amelyből a II. típusú felső extrémérték-eloszlás (*Fréchet*-eloszlás) és a III. típusú felső extrémérték-eloszlás (*Weibull*-eloszlás) származtatható.

Ha a felső *Gumbel*-eloszlás $G_f(u)$ standardizált eloszlásfüggvényében az u független változót $u = -\ln u^c$ kifejezéssel helyettesítjük – azzal a feltétellel, hogy $u > 0$ –, akkor a II. típusú felső extrémérték-eloszlás (*Fréchet*-eloszlás) egyszerűsített (reduced) $Fr_f(u)$ eloszlásfüggvényére

²⁷⁸ *Emil Julius Gumbel* (1891, München – 1966, New York) német-amerikai matematikus, statisztikus, politikus. Matematikát, politikai gazdaságtant és fizikát a müncheni Ludwig-Maximilian Egyetemen és a Humboldt Egyetemen hallgatott. 1914-ben doktorált, majd 1923-ban a Heidelbergi Egyetemen *Ladislaus von Bortkiewicz* statisztikus vezetésével habilitált, és a matematikai statisztika magántanára lett. *Gumbelt* nyilvánosan vállalt pacifista nézetei miatt az egyetem 1932-ben elbocsátotta. Még ebben az évben Franciaországba települt, ahol *Maurice Fréchet* matematikus támogatta előbbre jutását. Itt fejlesztette ki a „maximális értékek elméletét”. Franciaországból a német megszállás elől 1940-ben az Amerikai Egyesült Államokba emigrált, ahol 1953-ban a Columbia Egyetem egyetemi tanárává nevezték ki. A Baden-Württemberg tartományi kultuszminisztérium 1955/56-ban kárpótlásban és nyugdíjban részesítette, de teljesen csak 1991-ben, a születésének 100. évfordulójára a Heidelbergi Egyetemen rendezett akadémiai emlékülésen rehabilitálták, ahol kimondták az egykori elbocsátás jogellenességét, és méltatták tudományos eredményeit.

jutunk, amelyet differenciálva a felső *Fréchet*-eloszlás egyszerűsített $fr_f(u)$ sűrűségfüggvényét kapjuk (Rinne, 2008, 2009):

$$G_f(u|0; 1) = e^{-e^{-u}} \rightarrow Fr_f(u|0; 1; c) = e^{-e^{lnu^{-c}}} = e^{-u^{-c}}, \text{ ahol } u > 0$$

{mert: $e^{lnu} = u$ }, majd:

$$fr_f(u|0; 1; c) = \frac{dFr_f(u|0; 1; c)}{du} = c \times u^{-c-1} \times e^{-u^{-c}}$$

$$\{\text{mert: } \frac{d(e^{-u^{-c}})}{du} = \frac{d(-u^{-c})}{du} \times e^{-u^{-c}} \text{ és } \frac{d(-u^{-c})}{du} = -(-c) \times u^{-c-1}\}$$

Ha a felső *Gumbel*-eloszlás $G_f(u)$ standardizált eloszlásfüggvényében az u független változót $u = -\ln((-u)^c)$ kifejezéssel²⁷⁹ helyettesítjük – azzal a feltétellel, hogy $u < 0$ –, akkor a III. típusú felső extrémérték-eloszlás (*Weibull*-eloszlás) egyszerűsített (reduced) $W_f(u)$ eloszlásfüggvényére jutunk, amelyet differenciálva a felső *Weibull*-eloszlás egyszerűsített (reduced) $w_f(u)$ sűrűségfüggvényét kapjuk (Rinne, 2009):

$$G_f(u|0; 1; c) = e^{-e^{-u}} \rightarrow W_f(u|0; 1; c) = e^{-e^{ln((-u)^c)}} = e^{-(-u)^c}, \text{ ahol } u < 0$$

{mert: $e^{ln((-u)^c)} = (-u)^c$ }, majd:

$$w_f(x|0; 1; c) = \frac{dW_f(u|0; 1; c)}{du} = c \times (-u)^{c-1} \times e^{-(-u)^c}$$

$$\{\text{mert: } \frac{d(e^{-(-u)^c})}{du} = \frac{d(-(-u)^c)}{du} \times e^{-(-u)^c} \text{ és } \frac{d(-(-u)^c)}{du} = c \times (-u)^{c-1}\}$$

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány szerint a megbízható tervezési érték meghatározásához a normális- és a lognormális-eloszlás mellett a *Gumbel*-eloszlás alkalmazható, továbbá a szabványban az esetleges hatás kombinációs értékét megadó együttható értékét egyebek mellett *Gumbel*-eloszlással is közelítik.

*Weibull*²⁸⁰ mintegy negyven éven át foglalkozott az extrémérték-eloszlással, és kidolgozta a már korábban is ismert III. típusú extrémérték-, majd róla elnevezett *Weibull*-eloszlás sokoldalú

²⁷⁹ Tekintettel arra, hogy a felső *Weibull*-eloszlás esetén az u negatív szám ($u < 0$), az $\ln$ kifejezésben szereplő $-u$ pozitív szám, így hatványa is pozitív érték, amelynek van természetes logaritmusa. Például, ha $u = -3$ és $c = 4$, akkor $-u = 3$ és $(-u)^c = 3^4 = 81$, amelynek a természetes logaritmusa: $\ln((-u)^c) = \ln 81 \sim 4,394$.

²⁸⁰ Ernst Hjalmar Waloddi Weibull (1887, Schleswig-Holstein – 1979, Annecy) német-dán területen született svéd mérnök és matematikus. E. H. W. Weibull a XVIII. században Schleswig-Holsteinből Svédországba áttelepült család sarja. 1904-től a svéd part őrségnél szolgált, végül őrnagyként. Szolgálati ideje alatt hallgatója volt a stockholmi Királyi Műszaki Főiskolának, ahol 1924-ben kapott oklevelet. Doktori fokozatot az Uppsalai Egyetemen szerzett. Az Abatross kutatóhajón végzett munkájának első tudományos eredményeit 1914-ben tette közzé. 1941-ben egykori tanulmányainak intézményében, a stockholmi Királyi Műszaki Főiskolán a műszaki fizika professzora lett, ahol szilárdságtani kutatásokat végzett. E. H. W. Weibull – függetlenül P. O. Rosintól, E. Rammlertől és K. Sperlingtől, de ugyancsak elméleti alapon – 1939-ben írta fel a nevezetes exponenciális-függvény képletét, de a hat évvel korábban ismertté vált RRSB-eloszlásra sem akkor, sem később nem hivatkozott. Általános elismertséget az USA-ban 1951-1952-ben megjelent cikkeivel (Weibull, 1951 és 1952) szerzett, amelyekben az exponenciális-függvény széleskörű alkalmazhatóságát hét különböző példán – acélszilárdság,

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

alkalmazásának feltételeit. E tárgyban az első tanulmánya 1939-ben (*Weibull* 1939./a) jelent meg, és még ebben az évben a *Weibull*-eloszlás szilárdságtani alkalmazásának lehetőségét is bemutatta (*Weibull* 1939./b). Az utolsó, az 1977-ben közzé tett kutatási jelentése (*Weibull* 1977) a *Weibull*-eloszlás alkalmazására több mint ezer példát tartalmaz.

Az alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás (*Rinne*, 1995, 2008, 2009) sűrűségfüggvénye (relatív gyakoriságfüggvénye):

$$w_a(x|a; b; c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

és eloszlásfüggvénye:

$$W_a(x|a; b; c) = 1 - e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c},$$

amelyekbe $u = (x - a)/b$, illetve $a = 0$ és $b = 1$ helyettesítéssel kapjuk az alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás egyparaméteres, egyszerűsített (reduced) függvényeit:

$$w_a(u|0; 1; c) = c \times u^{c-1} \times e^{-u^c} \text{ (1.6.4.2 ábra),}$$

$$\text{és } W_a(u|0; 1; c) = 1 - e^{-u^c}$$

ahol:

$u = (x - a)/b \geq 0$ = független valószínűségi változó

a = helyparaméter (angolul: location parameter, németül: Positionsparameter, Standortparameter, Schichtparameter)

b = skálaparaméter (angolul: scale parameter, németül: Skalenparameter)

$c > 0$ = alakparaméter (angolul: shape parameter, németül: Formparameter)

Az áttekintett irodalomban az extrémérték-eloszlás paramétereit különbözőképpen jelölik, ezeket a jelöléseket az 1.6.4.1. táblázatban vetettük egybe.

1.6.4.1. táblázat: Az extrémérték-eloszlás paramétereinek jelölése az áttekintett irodalomban

Irodalom	Hely- paraméter	Skála- paraméter	Alak- paraméter
Könyvünkben	a	b	c
<i>Rinne</i> et al. (1995)	a	b	c, k
<i>Rinne</i> (2008, 2009)	a	b	c
<i>Hartung</i> et al. (2009)	–	$1/\alpha$	β
<i>Bayer</i> (2012)	μ	σ	$1/\xi$
<i>Schäffner</i> (2018)	X_0	η	β
<i>Mistéth</i> (2001)	x_0	$1/\lambda$	r
<i>Fegyverneki</i> (2007)	a	b	c
https://hu.wikipedia.org/wiki/Weibull-eloszlás	–	λ	k
https://en.wikipedia.org/wiki/	μ	σ	$1/\xi$

pernyeszemmagyság, pamutaszál-szilárdság, fosszíliahossz, acélélettartam, férfigmagasság, babszemméret – mutatta be (*Hahn* et al., 2015).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Generalized_extreme_value_distribution			
--	--	--	--

A *Weibull*-eloszlás „a”, „b” és „c” paraméterének szerepét **könyvünk 16.4.XX. fejezetében** elemezzük, ahol látható, hogy ha az alakparaméter $c < 3,447798$, akkor a *Weibull*-eloszlás jobbra ferde (jobbra nyúlik el), ha $c > 3,447798$, akkor a *Weibull*-eloszlás balra ferde (balra nyúlik el), ha pedig $c \approx 3,447798$, akkor jól közelíti a *Gauss*-féle normális-eloszlást (*Rinne*, 2009).

Rinne (2009) szerint vannak háromnál több paraméteres (együtthatós) extrémérték-eloszlások is.

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode méretezési szabványban az úgy nevezett megbízhatósági index meghatározásakor az anyagjellemzőket, az ellenállási paramétereket és a számítási modell bizonytalanságait általában lognormális-, vagy *Weibull*-eloszlásúnak tekintették; megjegyzik továbbá, hogy az egyszerűsítés érdekében – a fáradással kapcsolatos vizsgálatokat kivéve – az esetleges hatásokat normális-eloszlásúnak tekintették, bár szélsőérték-eloszlások (extrémérték-eloszlások) alkalmazása jobb közelítést jelentene.

Tippett (1925), *Fisher* és szerzőtárai (1928) a már ismert extrémérték-eloszlásokat csoportba foglalták, és bebizonyították, hogy valamennyi extrémérték-eloszlás az 1.6.4.2. táblázat három eloszlástípusának valamelyikéhez tartozik (*Rinne*, 1994, 1995, 2008 és 2009). *Gnedenko*²⁸¹ (1943) – *Mises* (1936) dolgozata alapján – általános módszert adott az extrémérték-eloszlás típusának felismerésére (*Rinne*, 2009).

A felső extrémérték-eloszlás (M_n) és az alsó extrémérték-eloszlás (m_n) sűrűségfüggvényének diagramjai egymásnak az $x = a$ ordinátavonal körül, illetve egyszerűsített (reduced) függvény ($a = 0$, $b = 1$) esetén az ordinátatengely körül tükörképei, ugyanis: $M_n = \max(x_1, \dots, x_n) = -\min(-x_1, \dots, -x_n) = m_n$ (1.6.4.2. táblázat), (1.6.4.2. – 1.6.4.5. ábra). (*Rinne*, 1995), (*Michelberger et al.*, 2001).

1.6.4.2. táblázat: Egyparaméteres, egyszerűsített (reduced) extrémérték-eloszlások sűrűség- és eloszlásfüggvénye *Tippett* (1925) és *Fischer* és szerzőtársai (1928) szerint (*Rinne*, 1994, 1995, 2008 és 2009)

Típus	A legnagyobb extrémértékek eloszlásának (Felső vagy maximális extrémérték-eloszlás)	A legkisebb extrémértékek eloszlásának (Alsó vagy minimális extrémérték-eloszlás)
	egyszerűsített sűrűségfüggvénye	
	1.6.4.2. ábra	1.6.4.3. ábra

²⁸¹ *Boris Vladimirovich Gnedenko* (1912, Simbirsk – 1995, Moszkva) orosz matematikus. Tanulmányait a Saratov Egyetemen végezte és posztgraduális szinten 1934-ben a Moszkvai Állami Egyetem Matematikai Intézetében folytatta. 1937-ben politikai nézetei miatt hat hónapra bebörtönözték. 1949-ben kinevezték a kijevi ukrán Tudományos Akadémia fizikai, matematikai és kémiai tanszékének vezetőjévé, és emellett a kijevi Matematikai Intézet igazgatója lett. 1960-ban visszatért a Moszkvai Egyetemre, ahol 1966-ban a valószínűségi elmélet tanszékének vezetőjévé nevezték ki.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

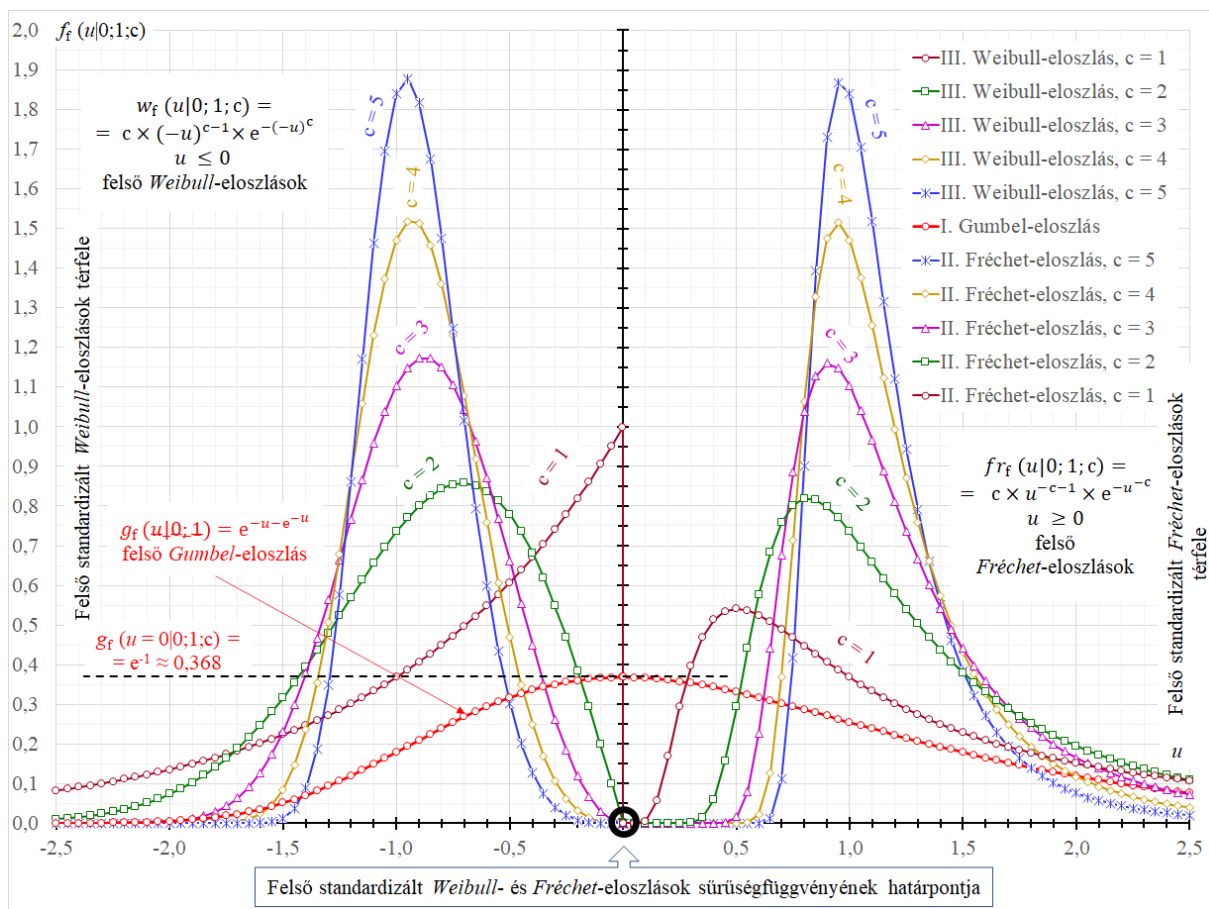
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

I.	$g_f(u 0; 1) = e^{-u-e^{-u}}$ $u \in \mathbb{R}$ (u eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak)* felső <i>Gumbel</i> -eloszlás	$g_a(u 0; 1) = e^{u-e^u}$ $u \in \mathbb{R}$ (u eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak)* alsó <i>Gumbel</i> -eloszlás
II.	$f_{Fr,f}(u 0; 1; c) =$ $= c \times u^{-c-1} \times e^{-u^{-c}}$ $u > 0$ felső <i>Fréchet</i> -eloszlás	$f_{Fr,a}(u 0; 1; c) =$ $= c \times (-u)^{-c-1} \times e^{-(-u)^{-c}}$ $u < 0$ alsó <i>Fréchet</i> -eloszlás
III.	$w_f(u 0; 1; c) =$ $= c \times (-u)^{c-1} \times e^{-(-u)^c}$ $u < 0$ felső <i>Weibull</i> -eloszlás	$w_a(u 0; 1; c) =$ $= c \times u^{c-1} \times e^{-u^c}$ $u > 0$ alsó <i>Weibull</i> -eloszlás
	egyszerűsített eloszlásfüggvénye	
	1.6.4.4. ábra	1.6.4.5. ábra
I.	$G_f(u 0; 1) = e^{-e^{-u}}$ $u \in \mathbb{R}$ (u eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak)* felső <i>Gumbel</i> -eloszlás	$G_a(u 0; 1) = 1 - e^{-e^u}$ $u \in \mathbb{R}$ (u eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak)* alsó <i>Gumbel</i> -eloszlás
II.	$F_{Fr,f}(u 0; 1; c) = e^{-u^{-c}}$ $u > 0$ felső <i>Fréchet</i> -eloszlás	$F_{Fr,a}(u 0; 1; c) = 1 - e^{-(-u)^{-c}}$ $u < 0$ alsó <i>Fréchet</i> -eloszlás
III.	$W_f(u 0; 1; c) = e^{-(-u)^c}$ $u < 0$ felső <i>Weibull</i> -eloszlás	$W_a(u 0; 1; c) = 1 - e^{-u^c}$ $u > 0$ alsó <i>Weibull</i> -eloszlás
	* Megjegyzés: $\mathbb{R}$ halmazon a valós számok (németül: reelle Zahlen) halmaza értendő.	

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



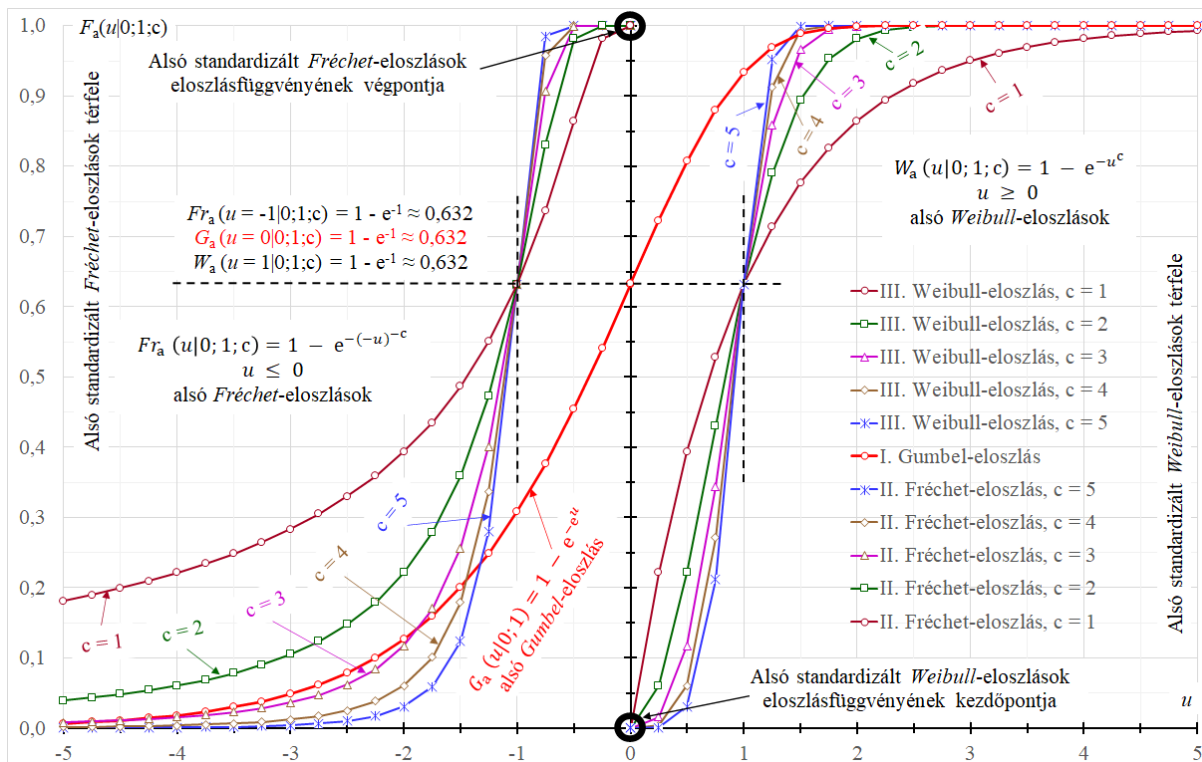
1.6.4.2. ábra: Felső extrémérték-eloszlások egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvénye

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

1.6.4.4. ábra: Felső extrémérték-eloszlások egyszerűsített (reduced) eloszlásfüggvénye



1.6.4.5. ábra: Alsó extrémérték-eloszlások egyszerűsített (reduced) eloszlásfüggvénye

Az 1.6.4.2. táblázattal kapcsolatban megjegyezzük, hogy Rosin és szerzőtársai (*Rosin-Rammler-Sperling*, 1933) a csőmalomban örölt szénőrlmények szemmegoszlását extrémérték-eloszlással írták le, és ezzel az aprításelméletet extrémérték-eloszlás alapra helyezték.

Jenkinson (1955, 1969) meteorológiai adatok értékelésével foglalkozott, és felírta az extrémérték-eloszlás típusok mindegyikét magában foglaló összefüggést, amelyet általánosított extrémérték-eloszlásnak neveznek (nevezik általános szélsőérték eloszlásnak is).

Megnevezése angolul: Generalized extreme value distribution, angol rövidítése: GEV; németül: Verallgemeinerte Extremwertverteilung).

Az általánosított extrémérték-eloszlás (GEV) fogalmát **könyvünk következő fejezetében** elemezzük.

Az extrémérték-eloszlással (extremális-eloszlással) kapcsolatban érdekességként megjegyezzük, hogy

- a visszavont DIN 1055-100:2001 szabványban a változó hatások jellemző (karakterisztikus) értékének fogalmát, amely a ritkán fellépő értéknek felel meg, adott referencia-időszakra vonatkozóan az extrémérték-eloszlás 98%-os kvantiliseként határozták meg;
- az acél fáradási élettartamát a *Weibull*-eloszlással szokás jellemezni (*Braml*, 2010).

1.6.4.3. Általánosított extrémérték-eloszlás

Angolul: Generalized extreme value distribution, rövidítése: GEV

Németül: Verallgemeinerte Extremwertverteilung

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

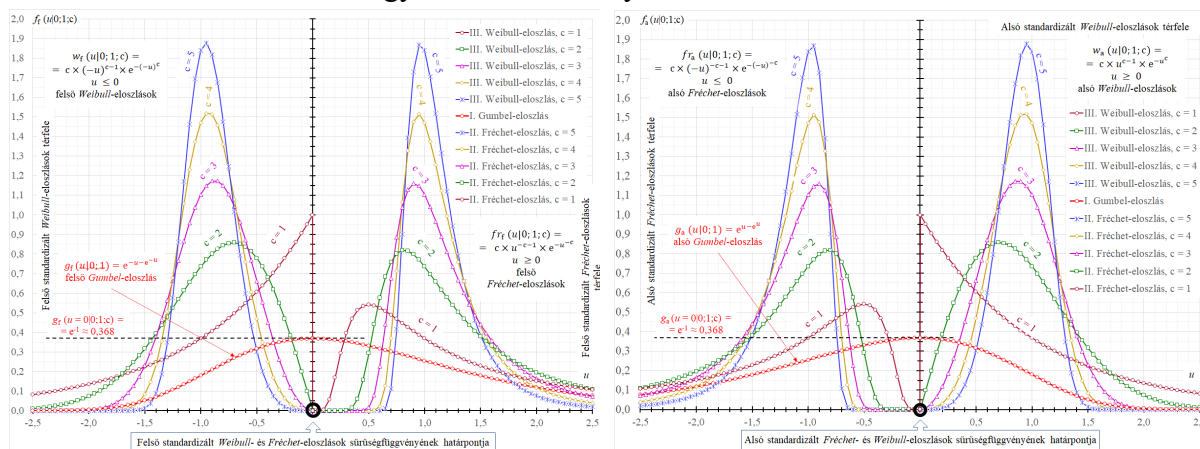
Nevezik általános szélsőérték-eloszlásnak is.

Az általánosítás az extrémérték-eloszlás valószínűségi függvényének olyan transzformációja, amely által a háromparaméteres extrémérték-eloszlások (*Fréchet*-eloszlás és *Weibull*-eloszlás) sűrűségfüggvényének a kevésbé meredek, határpont nélküli ágon lévő nyújtás (zsugorítás) utáni $f_f(t = 0|0;1;c) = 1/e \approx 0,368$ értékű pontja a koordináta-rendszer ordinátatengelyére, míg a kétparaméteres extrémérték-eloszlás (*Gumbel*-eloszlás) sűrűségfüggvényének módusza, amelyhez nyújtás (zsugorítás) után $f_f(t = 0|0;1) = 1/e \approx 0,368$ függvényérték tartozik, a koordináta-rendszer origójába kerül. Az „e” az *Euler*-féle szám, mint matematikai állandó jele, amelynek értéke $e \approx 2,718282$.

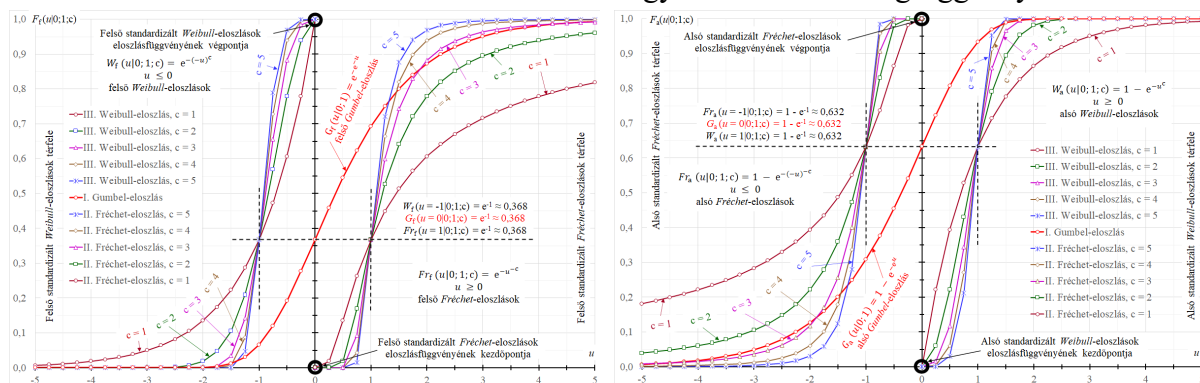
Ismert, hogy a standardizálás a kétparaméteres (a, b) valószínűségi függvény olyan transzformációja, amellyel az a = 0, b = 1 paraméteres transzformált (standardizált) valószínűségi függvény várható értéke a koordináta-rendszer origójába kerül.

A fentiekben láttuk, hogy az extrémérték-eloszlásnak három típusa van, úgymint az I. típusú (*Gumbel*-féle), a II. típusú (*Fréchet*-féle) és a III. típusú (*Weibull*-féle) extrémérték-eloszlás, amelyek mindegyike felső (maximális) és alsó (minimális) extrémérték-eloszlás lehet.

Azt is láttuk, hogy mint a valószínűségi eloszlások mindegyike, úgy $u = (x - a)/b$ helyettesítéssel – ahol „a” a helyparaméter és „b” a skálaparaméter –, az extrémérték-eloszlás is transzformálható. Az 1.6.4.6. ábrával és az 1.6.4.3. táblázattal emlékeztetünk arra, hogy az egyszerűsített (reduced) *Fréchet*-eloszlás és *Weibull*-eloszlás diagramjainak mindegyike a koordináta-rendszernek csak egyik térfelében helyezkedik el.



Felső és alsó extrémérték-eloszlások egyszerűsített sűrűségfüggvénye



Felső és alsó extrémérték-eloszlások egyszerűsített eloszlásfüggvénye

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

1.6.4.6. ábra: Extrémérték-eloszlások egyszerűsített (reduced) sűrűség- és eloszlásfüggvénye. Megjegyzés: Az extrémérték-eloszlások egyszerűsített függvényeinek nagyobb méretű ábrái **könyvünk előző fejezetében** találhatóak.

1.6.4.3. táblázat: Az egyszerűsített (reduced) *Fréchet*- és *Weibull*-eloszlások elhelyezkedése

	Felső (maximális)	Alsó (minimális)	Felső (maximális)	Alsó (minimális)
	extrémérték-eloszlás egyszerűsített függvénye			
	térfélben helyezkedik el		valószínűségi változója	
<i>Fréchet</i> -eloszlás	pozitív	negatív	$u \geq 0$	$u \leq 0$
<i>Weibull</i> -eloszlás	negatív	pozitív	$u \leq 0$	$u \geq 0$

A *Fréchet*- és a *Weibull*-eloszlás általánosított sűrűségfüggvénye (GEV) többek között abban különbözik ezen eloszlások egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvényétől, hogy mind a felső (maximális), mind az alsó (minimális) általánosított (GEV) *Fréchet*-eloszlás és ugyanilyen *Weibull*-eloszlás t valószínűségi változója bizonyos korlátok között negatív vagy pozitív értéket is felvehet.

A koordináta-rendszerben az általánosított (GEV) felső és alsó sűrűségfüggvény valószínűségi változójának $t = 0$ értékéhez $1/e = 0,367879441$ függvényérték, azaz $f(t = 0|0; 1; c) \approx 0,368$ tartozik (1.6.4.7. és 1.6.4.9. ábra). Az általánosított felső eloszlásfüggvény a valószínűségi változó $t = 0$ értékénél szintén $1/e = 0,367879441$ függvényértéket vesz fel, azaz $F_f(t = 0|0; 1; c) \approx 0,368$ (1.6.4.3. ábra).

Amíg az alsó (minimális) általánosított extrémérték-eloszlás (GEV) sűrűségfüggvényének diagramja a felső (maximális) általánosított extrémérték-eloszlás (GEV) sűrűségfüggvénye diagramjának a $t = 0$ ordinátatengely körüli tükörképe (Rinne, 1995), (Michelberger et al., 2001), addig az alsó (minimális) általánosított extrémérték-eloszlás (GEV) eloszlásfüggvényének diagramját a felső (maximális) általánosított extrémérték-eloszlás (GEV) eloszlásfüggvénye diagramjának a $t = 0$ ordinátatengely körüli tükrözése utáni különbség-diagramként kapjuk meg, és ezért a koordináta-rendszerben az alsó (minimális) általánosított extrémérték-eloszlás (GEV) eloszlásfüggvénye valószínűségi változójának $t = 0$ értékéhez $1 - 1/e = 0,632120559$ függvényérték, azaz $F_a(t = 0|0; 1; c) \approx 0,632$ tartozik (1.6.4.10. ábra).

Például az 1.6.4.6. ábrán látható, hogy az általánosítással az egyszerűsített (reduced) felső (maximális) *Fréchet*-eloszlás $u = 0$ kezdőpontja (alsó határpontja) a $t = -c$ pontba, és az egyszerűsített (reduced) *Weibull*-eloszlás $u = 0$ végpontja (felső határpontja) a $t = +c$ pontba kerül (1.6.4.7. és 1.6.4.8. ábra). Az alsó általánosított (GEV) *Fréchet*-eloszlás végpontjának (felső határpontjának) abszcissa-értéke $t = +c$, az alsó általánosított (GEV) *Weibull*-eloszlás kezdőpontjának (alsó határpontjának) abszcissa-értéke pedig: $t = -c$ (1.6.4.9. és 1.6.4.10. ábra). A „ c ” alakparaméter mindig pozitív szám.

Az általánosított extrémérték-eloszlások (GEV) kezdőpontjának német megnevezése: unterer Endpunkt, unterer Trägerpunkt, negativer Endpunkt, végpontjának német megnevezése pedig: oberer Endpunkt, oberer Trägerpunkt, positiver Endpunkt. A határpont megnevezése angolul: support-endpoint.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Az extrémérték-eloszlások általánosított függvényét napjaink irodalma szerint először *A. F. Jenkinson* (1955) írta fel, bár az összefüggés *R. Mises* (1923 és 1936) munkásságára is visszavezethető (1.6.4.4. táblázat).

Az általánosított extrémérték-eloszlások (GEV) diagramjai kezdő- és végpontjának, valamint közös pontjának koordinátáit az 1.6.4.5. táblázatban foglaltuk össze.

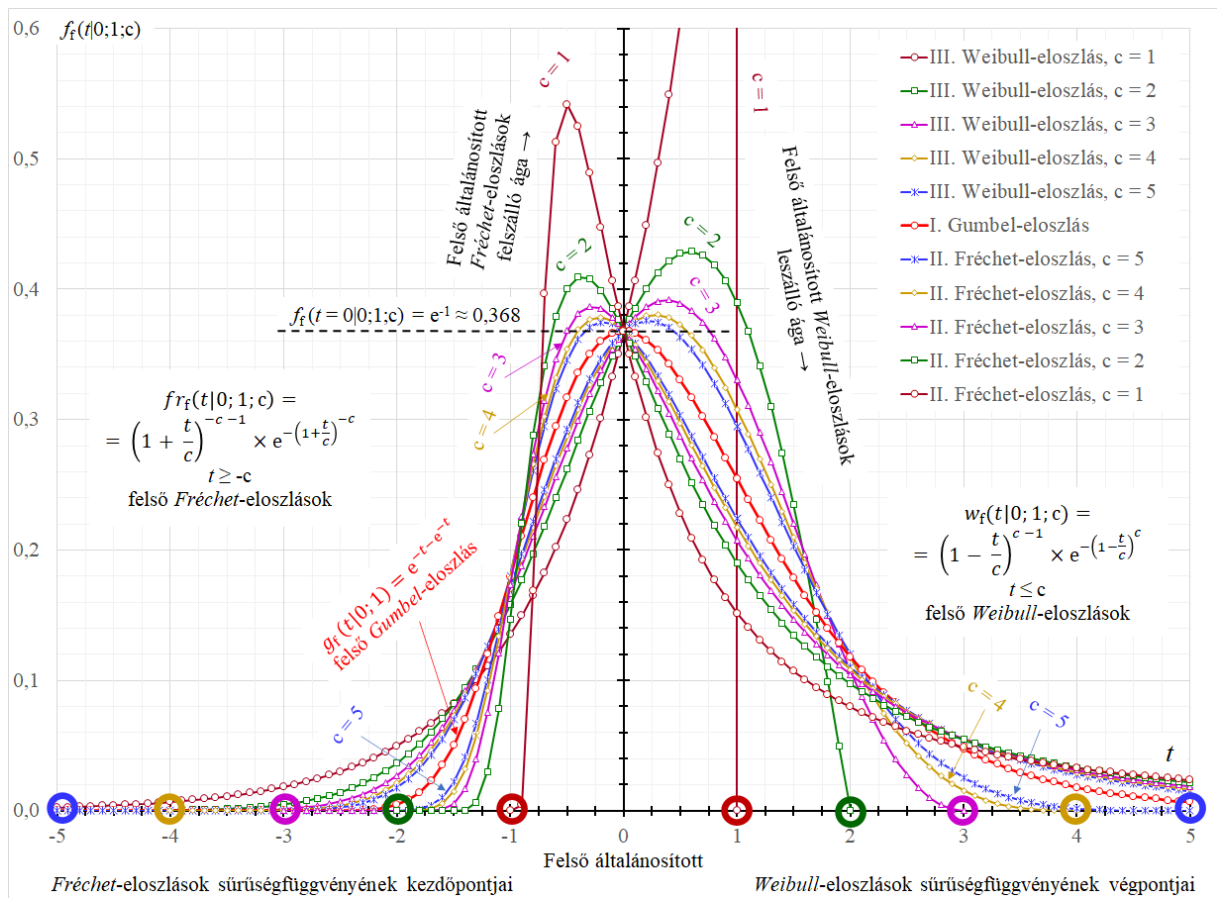
1.6.4.4. táblázat: Az általánosított extrémérték-eloszlások (GEV) *R. Mises* (1923 és 1936) és *A. F. Jenkinson* (1955) féle sűrűség- és eloszlásfüggvényei (*Bayer*, 2011), (https://en.wikipedia.org/wiki/Generalized_extreme_value_distribution)

Típus	A legnagyobb extrémértékek eloszlásának (Felső vagy maximális extrémérték-eloszlás)	A legkisebb extrémértékek eloszlásának (Alsó vagy minimális extrémérték-eloszlás)
	általánosított sűrűségfüggvénye	
	1.6.4.7. ábra	1.6.4.8. ábra
I.	$g_f(t 0; 1) = e^{-t-e^{-t}}$ $t \in \mathbb{R}$ (t eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak) felső Gumbel-eloszlás	$g_a(t 0; 1) = e^{t-e^t}$ $t \in \mathbb{R}$ (t eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak) alsó Gumbel-eloszlás
II.	$fr_f(t 0; 1; c) =$ $= \left(1 + \frac{t}{c}\right)^{-c-1} \times e^{-\left(1+\frac{t}{c}\right)^{-c}}$ $t \geq -c$ felső Fréchet-eloszlás	$fr_a(t 0; 1; c) =$ $= \left(1 - \frac{t}{c}\right)^{-c-1} \times e^{-\left(1-\frac{t}{c}\right)^{-c}}$ $t \leq c$ alsó Fréchet-eloszlás
III.	$w_f(t 0; 1; c) =$ $= \left(1 - \frac{t}{c}\right)^{c-1} \times e^{-\left(1-\frac{t}{c}\right)^c}$ $t \leq c$ felső Weibull-eloszlás	$w_a(t 0; 1; c) =$ $= \left(1 + \frac{t}{c}\right)^{c-1} \times e^{-\left(1+\frac{t}{c}\right)^c}$ $t \geq -c$ alsó Weibull-eloszlás
	általánosított eloszlásfüggvénye	
	1.6.4.9. ábra	1.6.4.10. ábra
I.	$G_f(t 0; 1) = e^{-e^{-t}}$ $t \in \mathbb{R}$ (t eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak) felső Gumbel-eloszlás	$G_a(t 0; 1) = 1 - e^{-e^t}$ $t \in \mathbb{R}$ (t eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak) alsó Gumbel-eloszlás
II.	$Fr_f(t 0; 1; c) = e^{-\left(1+\frac{t}{c}\right)^{-c}}$ $t \geq -c$ felső Fréchet-eloszlás	$Fr_a(t 0; 1; c) = 1 - e^{-\left(1-\frac{t}{c}\right)^{-c}}$ $t \leq c$ alsó Fréchet-eloszlás
III.	$W_f(t 0; 1; c) = e^{-\left(1-\frac{t}{c}\right)^c}$ $t \leq c$ felső Weibull-eloszlás	$W_a(t 0; 1; c) = 1 - e^{-\left(1+\frac{t}{c}\right)^c}$ $t \geq -c$ alsó Weibull-eloszlás

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

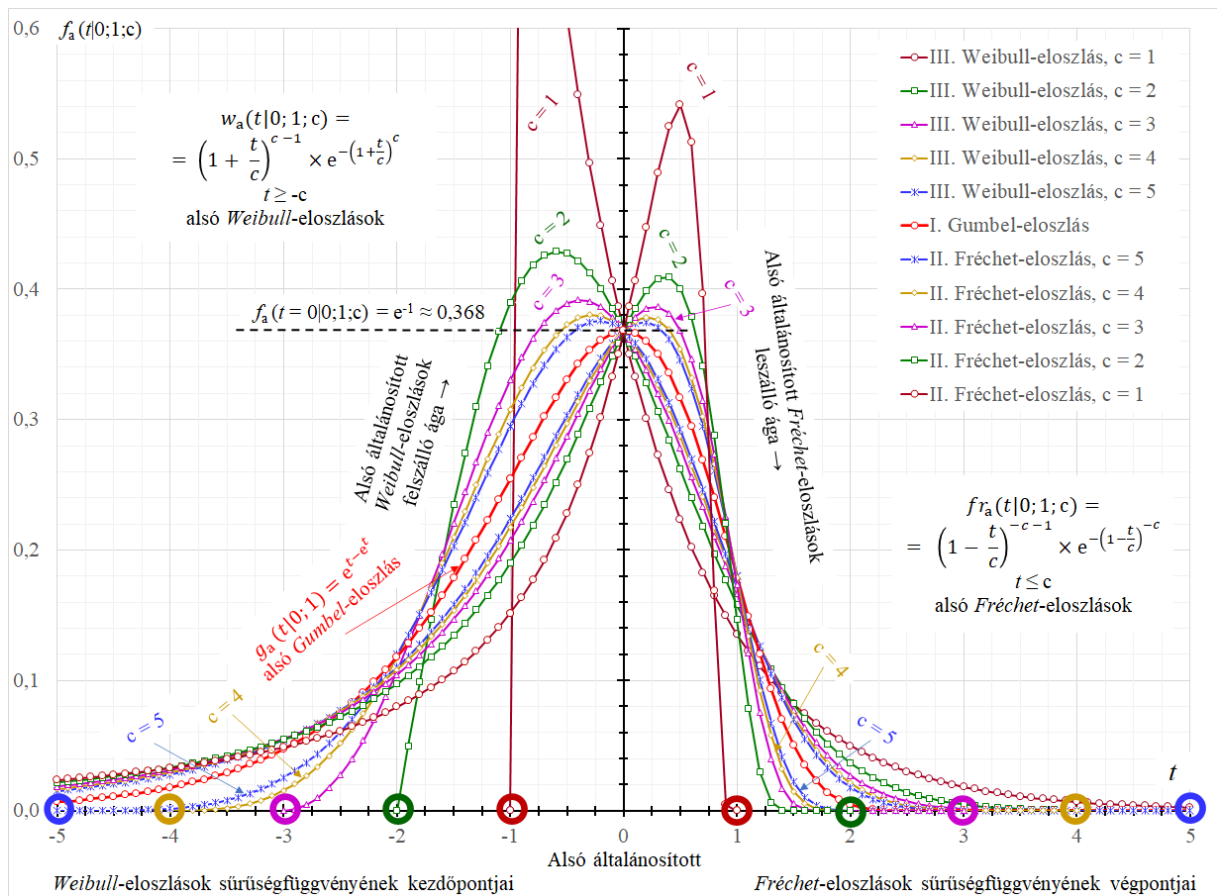


1.6.4.7. **ábra:** Felső (maximális) általánosított (GEV) extrémérték-eloszlások sűrűségfüggvényének diagramjai

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

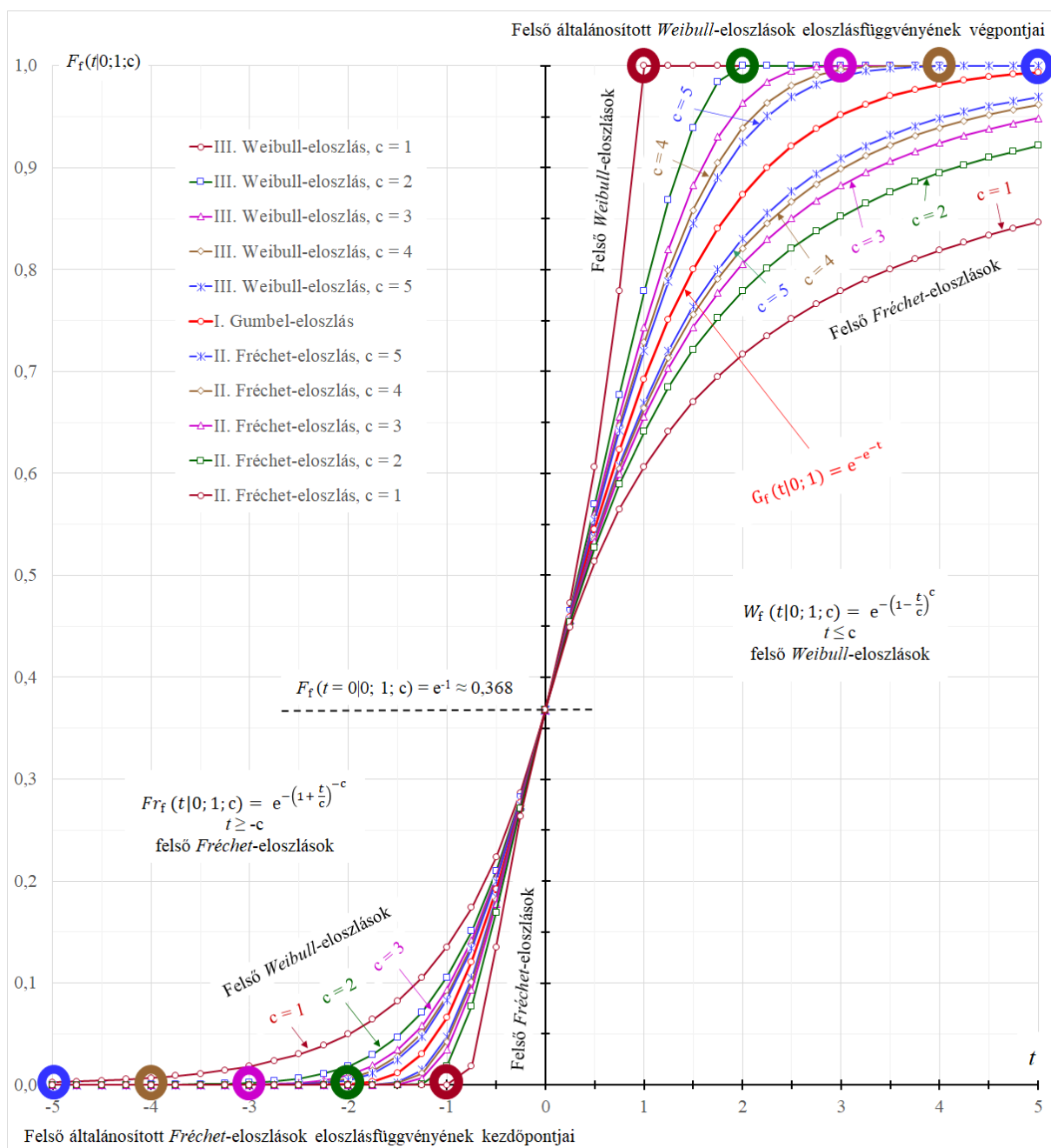


1.6.4.8. **ábra:** Alsó (minimális) általánosított (GEV) extrémérték-eloszlások sűrűségfüggvényének diagramjai

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

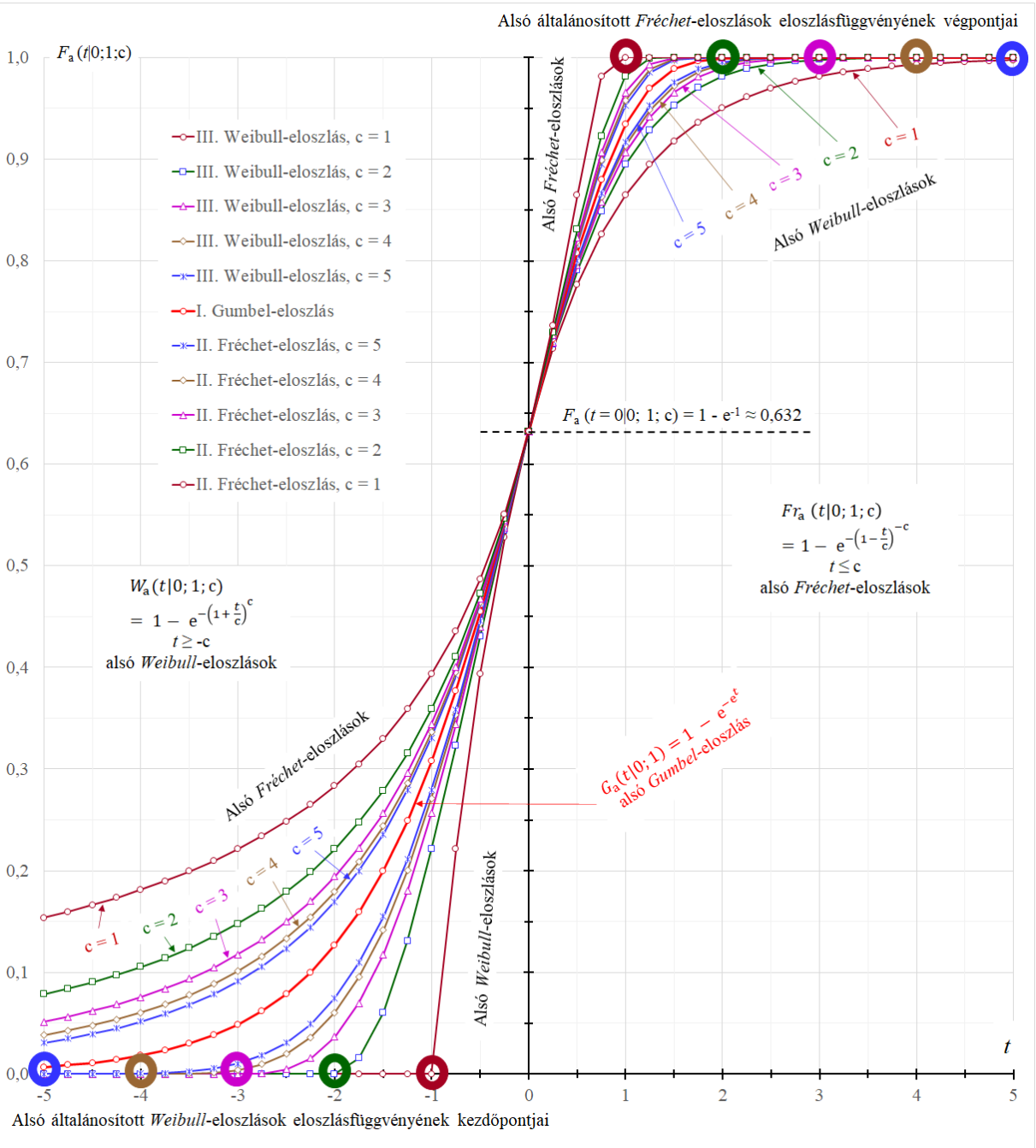


1.6.4.9. **ábra:** Felső (maximális) általánosított (GEV) extrémérték-eloszlások eloszlásfüggvényének diagramjai

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.4.10. **ábra:** Alsó (minimális) általánosított (GEV) extrémérték-eloszlások eloszlásfüggvényének diagramjai

1.6.4.5. **táblázat:** Az általánosított extrémérték-eloszlások (GEV) diagramjai kezdő- és végpontjának, valamint közös pontjának koordinátái

	Felső (maximális) eloszlás		Alsó (minimális) eloszlás	
sűrűségfüggvénye				
	kezdőpontjának	végpontjának	kezdőpontjának	végpontjának
	koordinátái (z; y)			
	1.6.4.7. ábra		1.6.4.9. ábra	

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Fréchet-eloszlás	-c; 0	–	–	+c; 0
Weibull-eloszlás	–	+c; 0	-c; 0	–
eloszlásfüggvénye				
	kezdőpontjának	végpontjának	kezdőpontjának	végpontjának
	koordinátái (z; y)			
	1.6.4.8. ábra		1.6.4.10. ábra	
Fréchet-eloszlás	-c; 0	–	–	+c; 1
Weibull-eloszlás	–	+c; 1	-c; 0	–
	Felső (maximális) eloszlás		Alsó (minimális) eloszlás	
sűrűségfüggvényei közös pontjának koordinátái (z; y)				
	felszálló ágban (módusz előtt)	leszálló ágban (módusz után)	felszálló ágban (módusz előtt)	leszálló ágban (módusz után)
	1.6.4.7. ábra		1.6.4.9. ábra	
Fréchet-eloszlás	–	0; 1/e ~ 0,368	0; 1/e ~ 0,368	–
Weibull-eloszlás	0; 1/e ~ 0,368	–	–	0; 1/e ~ 0,368
	Felső (maximális) eloszlás		Alsó (minimális) eloszlás	
eloszlásfüggvényei közös pontjának koordinátái (z; y)				
	1.6.4.8. ábra		1.6.4.10. ábra	
	0; 1/e ~ 0,368		0; 1 - 1/e ~ 0,632	

1.6.4.4. Weibull-eloszlás

A matematikai statisztika egyik legnépszerűbb, a mérnöki tudományokban is szívesen alkalmazott modellje az extrémérték-eloszlások (más szóval: extrémális-eloszlások) családjába tartozó *Weibull*-féle valószínűségi eloszlás, amelyet III. típusú extrémérték-eloszlásnak is neveznek, és amely lényegében azonos a *Rosin-Rammler-Sperling-Bennett*-eloszlással, röviden *RRSB*-eloszlással (Rinne, 2009), (visszavont MI 17098:1974).

Az alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás háromparaméteres (háromegyütthatós) sűrűségfüggvényének alakja (Rinne, 1995 és 2009), (Hartung et al., 2009, (Balogh et al., 1973):

$$w_a(x|a; b; c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}; \quad x \geq 0 \text{ és } c > 0$$

Az alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás háromparaméteres sűrűségfüggvényének fenti képletébe a „b” skálaparaméter helyére a szórás $s_{Weibull,alsó}(x|0;b;c) = s$ kifejezését tartalmazó

$$b = \frac{s_{Weibull,alsó}(x|0; b; c)}{s} = \frac{s}{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2}}$$

összefüggés írható:

$$w_a(x|a; s; c) =$$

$$= \frac{c \times \sqrt{\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2\right)^c}}{s^c} \times (x - a)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{s}\right)^c} \times \sqrt{\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2\right)^c}$$

A háromparaméteres alsó Weibull-eloszlás eloszlásfüggvényének²⁸² alakja:

$$W_a(x|a; b; c) = \int_a^x w_a(x|a; b; c) du = 1 - e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

a megbízhatósági függvény²⁸³ alakja:

$$R(x|a; b; c) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

a meghibásodási ráta²⁸⁴ alakja:

$$h(x|a; b; c) = \frac{w(x|a; b; c)}{1 - W(x|a; b; c)} = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1}$$

a halmozott meghibásodási ráta alakja:

$$H(x|a; b; c) = \int_a^x h(x|a; b; c) du = \left(\frac{x-a}{b}\right)^c$$

módusza (Schäffner, 2018):

$$módusz_{Weibull,alsó}(x|a; b; c) = a + b \times \left(1 - \frac{1}{c}\right)^{\frac{1}{c}}$$

várható értéke (angolul: mean, németül: Erwartungswert):

$$\mu_{Weibull,alsó}(x|a; b; c) = a + b \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$$

szórása (angolul: standard deviation, németül: Standardabweichung), amely egyezik a kétparaméteres alsó Weibull-eloszlás szórásával:

$$s_{Weibull,alsó}(x|0; b; c) = b \times \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)^2}$$

szórásnégyzete (angolul: variance, németül: Varianz), amely egyezik a kétparaméteres alsó Weibull-eloszlás szórásnégyzetével:

²⁸² Az extrémérték-eloszlás eloszlásfüggvényét németül Ausfallverteilung-nak (hiba-eloszlásfüggvénynek) is nevezik

²⁸³ A megbízhatósági függvény megnevezése németül: Zuverlässigkeitsfunktion, Überlebensfunktion

²⁸⁴ A meghibásodási ráta megnevezése angolul: Hazard rate; németül: Ausfallrate vagy Hazardrate; jele például: HR.

$$s_{\text{Weibull,alsó}}^2(x|0; b; c) = b^2 \times \left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) \right]^2 \right)$$

relatív szórása (variációs tényezője, variációs együtthatója), (angolul: coefficient of variation, németül: Variationskoeffizient):

$$\begin{aligned} s_{\text{rel,Weibull,alsó}}(x|a; b; c) &= \frac{s_{\text{Weibull,alsó}}(x|0; b; c)}{\mu_{\text{Weibull,alsó}}(x|a; b; c)} = \\ &= \frac{b \times \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) \right]^2}}{a + b \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)} \end{aligned}$$

A *kétparaméteres, félig egyszerűsített* (az „a” helyparaméter szerint transzformált) alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás (general *Weibull* distribution) várható értéke:

$$\mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0; b; c) = b \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$$

szórása, amely egyezik a háromparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás szórásával:

$$s_{\text{Weibull,alsó}}(z|0; b; c) = b \times \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)^2}$$

szórásnégyzete, amely egyezik a háromparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás szórásnégyzetével:

$$s_{\text{Weibull,alsó}}^2(z|0; b; c) = b^2 \times \left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) \right]^2 \right)$$

relatív szórása (variációs tényezője, variációs együtthatója):

$$s_{\text{rel,Weibull,alsó}}(z|0; b; c) = \frac{s_{\text{Weibull,alsó}}(z|0; b; c)}{\mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0; b; c)} = \frac{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) \right]^2}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)}$$

Az *egyparaméteres, egyszerűsített* alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás (reduced *Weibull* distribution) várható értéke:

$$\mu_{\text{Weibull,alsó}}(u|0; 1; c) = \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$$

szórásnégyzete:

$$s_{\text{Weibull,alsó}}^2(u|0; 1; c) = \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) \right]^2$$

a szórásnégyzet közelítő képlete:

$$s_{\text{Weibull,alsó}}^2(u|0; 1; c) \approx \frac{\pi^2}{6 \times c^2} \approx \frac{1,64493}{c^2}$$

relatív szórása (variációs tényezője, variációs együtthatója):

$$s_{\text{rel,Weibull,alsó}}(u|0,1,c) = \frac{s_{\text{Weibull,alsó}}(u|0;1;c)}{\mu_{\text{Weibull,alsó}}(u|0;1;c)} = \frac{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)}$$

ferdeségi együtthatója (ferdeség angolul: skewness, németül: Schiefe):

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{skewness,Weibull,alsó}}(u|0;1;c) &= \\ &= \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{c}\right) - 3 \times \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) + 2 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)^3}{\sqrt{\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2\right)^3}} \end{aligned}$$

lapultsági együtthatója (csúcsossági együtthatója)²⁸⁵:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{kurtosis,Weibull,alsó}}(u|0;1;c) &= \\ &= \frac{\Gamma\left(1 + \frac{4}{c}\right) - 4 \times \Gamma\left(1 + \frac{3}{c}\right) \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) + 6 \times \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) \times \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2 - 3 \times \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^4}{\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2\right)^2} \end{aligned}$$

A lapultság angolul: kurtosis, németül: Exzeß, Wölbung.

A fenti kifejezésekben „a” a helyparaméter, „b” a skálaparaméter, „c” az alakparaméter és Γ a gamma-függvény jele. A gamma-függvény fogalmáról [könyvünk 1.5. fejezetében](#) lehet olvasni. A w_a és W_a jelben az „a” index a Weibull-eloszlás alsó (minimális) voltára utal.

Az extrémérték-eloszlás fogalmával kapcsolatban említettük, hogy Weibull (1939/2) az extrémérték-eloszlás szilárdságtani alkalmazásával is foglalkozott, és számos anyaggal, például porcelánnal, betonnal, gyapottal, acéllal és alumíniummal végzett törési próba eredményéből felírta az anyag törési valószínűsége eloszlásfüggvényének alakját:

$$F(x) = 1 - e^{-H(x)}$$

Ha a fenti összefüggésekben az x független változó időt vagy például nyomószilárdságot fejez ki, akkor annak értéke értelemszerűen negatív szám nem lehet ($x \geq a \geq 0$).

A függvényegyütthatók (paraméterek) hatásának értelmezése a következő (Rinne, 2009):

a = Az „a” együttható matematikai statisztikai szempontból „helyparaméter”²⁸⁶, amelynek mértékegysége adattartalom (például idő, nyomószilárdság stb.) esetén az

²⁸⁵ A normális-eloszlás lapultsági együtthatója zérus: $\gamma_{\text{kurtosis}} = 0$. A normális-eloszlásénál laposabb relatív gyakorisági görbe (sűrűségfüggvény) lapultsági együtthatója negatív szám: $\gamma_{\text{kurtosis}} < 0$. A normális-eloszlásénál csúcsosabb relatív gyakorisági görbe (sűrűségfüggvény) lapultsági együtthatója pozitív szám: $\gamma_{\text{kurtosis}} > 0$.

²⁸⁶ Az „a” helyparaméter megnevezése angolul: Lokation parameter, Shift parameter, Translation parameter; németül: Positionsparameter, Standortparameter, Schichtparameter

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

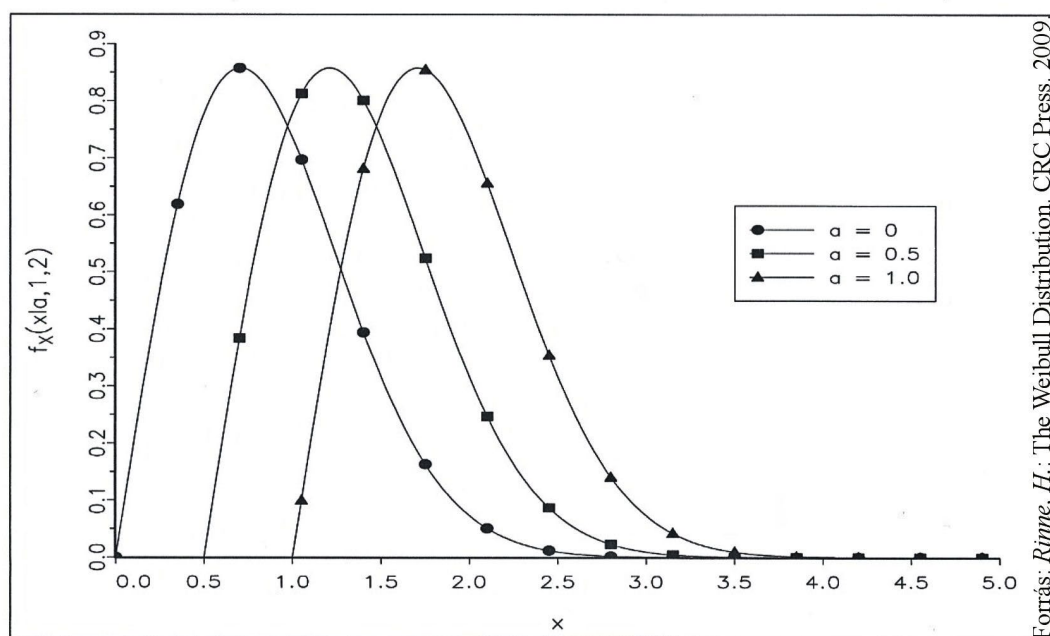
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

x független változó mértékegységével azonos.

Ha a „ b ” és a „ c ” együttható konstans, akkor az alakzatát megtartó sűrűségfüggvény és eloszlásfüggvény az abszcisszatengely mentén annál inkább jobbra helyezkedik el, minél nagyobb szám az „ a ” együttható. A koordináta-rendszerben x irányú, „alaktartó transzformációval”²⁸⁷ eltolt alakzatok geometriailag egybevágók. (1.6.4.11. ábra)

Ha az „ a ” együttható az „alaktartó transzformáció” során zérus értéket vesz fel, akkor a $w_a(x|a;b;c)$ sűrűségfüggvénnyel geometriailag egybevágó, az „ a ” együttható szerint transzformált sűrűségfüggvény kétparaméteres (kétegyütthatós), félig egyszerűsített alakot ölt:

$$w_a(z|0;b;c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}; \quad x \geq a = 0$$



1.6.4.11. ábra: Az alsó Weibull-eloszlás „ a ” helyparaméterének hatása a $b = 1$ skálaparaméterű és $c = 2$ alakparaméterű sűrűségfüggvény elhelyezkedésére (Rinne, 2009)

$b = A$ „ b ” együttható matematikai statisztikai szempontból „skálaparaméter”²⁸⁸, amelynek értéke 0 és ∞ közé esik ($0 < b < \infty$), mértékegysége adattartalom esetén az x független változó mértékegységével azonos.

Ha az „ a ” és a „ c ” együttható konstans, akkor a „ b ” együttható növekedésével a

²⁸⁷ Az „alaktartó transzformáció”-t a szakirodalomban általában lineáris transzformációnak vagy egybevágósági geometriai transzformációnak nevezik; angolul: Linear transformation

²⁸⁸ A „ b ” skálaparaméter megnevezése angolul: Scale parameter; németül: Skalenparameter

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

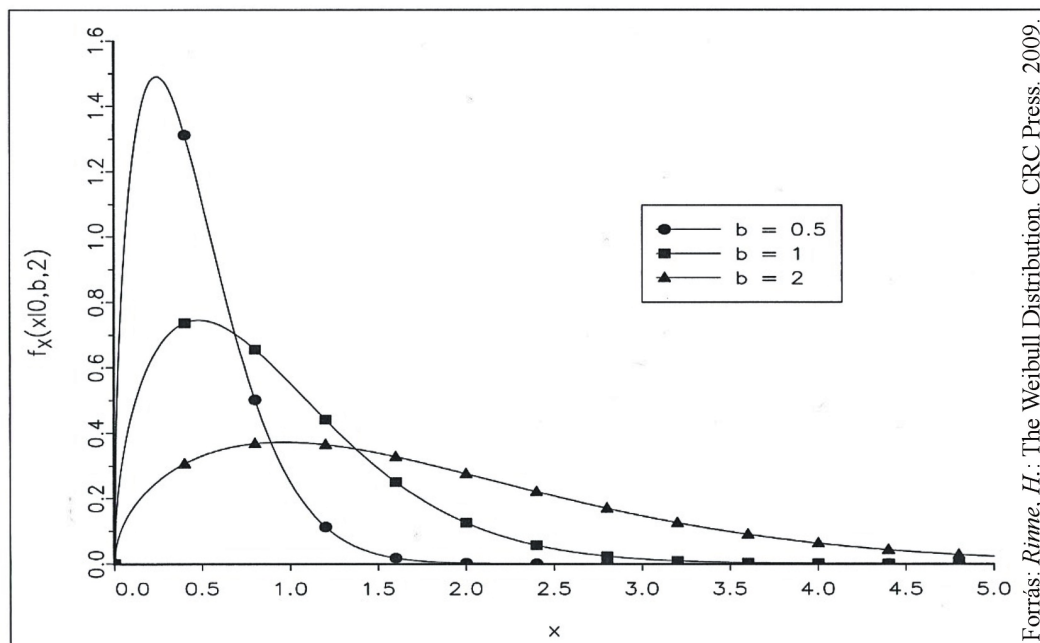
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

sűrűségfüggvény jobbra megnyúlik, tágassága növekszik és laposabb lesz, a „b” együttható csökkenésével pedig a sűrűségfüggvény balra megrövidül, tágassága csökken, és magasabb lesz. A koordináta-rendszerben x irányú, „területtartó transzformáció”²⁸⁹ átesett alakzatok geometriailag hasonlóak. (1.6.4.12. ábra)

Ha a „b” együttható a „területtartó transzformáció” során $b = 1,0$ értéket vesz fel, akkor a $w_a(x|0;b;c)$ kétparaméteres (kétegyütthatós) sűrűségfüggvény a geometriailag hasonló, az „a” és a „b” együttható szerint is transzformált sűrűségfüggvény egyparaméteres (egyegethathatós, egyszerűsített (reduced) alakját vesz fel:

$$w_a(u|0;1;c) = c \times u^{c-1} \times e^{-u^c}; \quad u = (x - a)/b \geq 0, a = 0 \text{ és } b = 1$$

A $w_a(u|0,1,c)$ alakú egyszerűsített sűrűségfüggvény összefüggését egybevetve az 1.6.4.2. táblázatban található összefüggésekkel, belátható, hogy a fenti $w(u|0,1,c)$ alakú, egyparaméteres, egyszerűsített sűrűségfüggvény nem más, mint a *Weibull*-eloszlás, azaz a – *Tippett*-féle besorolás alapján (*Tippett*, 1925), (*Fischer et al.*, 1928) – III. típusú alsó extrémérték-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvénye (*Rinne*, 1995).



Forrás: Rinne, H.: The Weibull Distribution. CRC Press. 2009.

1.6.4.12. ábra: Az alsó *Weibull*-eloszlás „b” skálaparaméterének hatása az $a = 0$ helyparaméterű és $c = 2$ alakparaméterű sűrűségfüggvény alakjára (*Rinne*, 2009)

²⁸⁹ A „területtartó transzformáció” neve a szakirodalomban általában aránytartó vagy hasonlósági geometriai transzformáció; angolul: Power transformation; németül: Potenztransformation

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

$c = A$ „ c ” együtttható matematikai statisztikai szempontból „alakparaméter”²⁹⁰, amelynek értéke az alsó *Weibull*-eloszlás $w_a(u|0,1,c)$ egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvényének görbületét, ferdeségét, móduszát és inflexióját meghatározza. (Rinne, 2009)

Inflexió pont angolul: inflection point, németül: Wandepunkt, Umkehrpunkt.

A $w_a(u|0,1,c)$ egyszerűsített sűrűségfüggvénynek ott van szélsőértéke (módusza), ahol első deriváltja zérus értéket vesz fel:

$$w_a(u|0; 1; c)' = \frac{dw_a}{du} = c \times u^{c-2} \times (c - 1 - c \times u^c) \times e^{-u^c} = 0$$

E feltétel akkor teljesül, ha

$$u_{\text{módusz}} = \left(\frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}}$$

és a $w_a(u|0,1,c)$ egyszerűsített sűrűségfüggvény értéke az $u_{\text{módusz}}$ helyen:

$$\begin{aligned} w_a(u_{\text{módusz}}|0; 1; c) &= c \times u_{\text{módusz}}^{c-1} \times e^{-u_{\text{módusz}}^c} = \\ &= c \times \left(\frac{c-1}{c} \right)^{\frac{c-1}{c}} \times e^{\frac{1-c}{c}} = c \times \left(\frac{c-1}{c \times e} \right)^{\frac{(c-1)}{c}} \end{aligned}$$

Inflexió pontja ott található a $w_a(u|0,1,c)$ egyszerűsített sűrűségfüggvénynek, ahol második deriváltjának értéke zérus:

$$w_a(u|0; 1; c)'' = \frac{dw_a'}{du} =$$

$$= c \times u^{c-3} \times \{2 + c \times [c - 3 - 3 \times (c - 1) \times u^c + c \times u^{2c}]\} \times e^{-u^c} = 0$$

A $w_a(u|0,1,c)''$ második derivált értéke akkor zérus, ha

$$u_{\text{infl}} = \left[\frac{3 \times (c-1) \pm \sqrt{(5 \times c - 1) \times (c-1)}}{2 \times c} \right]^{\frac{1}{c}}$$

és a $w_a(u|0,1,c)$ egyszerűsített sűrűségfüggvény értéke az u_{infl} helyen:

$$w_a(u_{\text{infl}}|0; 1; c) = c \times u_{\text{infl}}^{c-1} \times e^{-u_{\text{infl}}^c}$$

Ezek az összefüggések lehetővé teszik a „ c ” alakparaméter értékének hatásvizsgálatát. A „ c ” alakparaméter elvileg a következő értékeket veheti fel:

Első eset: $c \rightarrow 0$

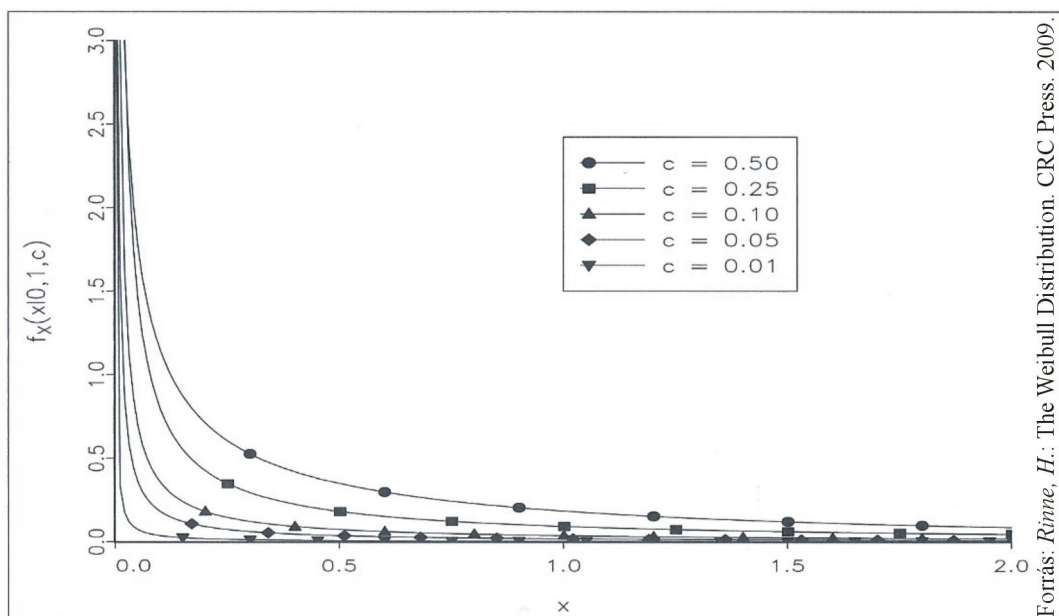
Ha $c \rightarrow 0$, akkor a *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvénye egyre inkább az $u = 0$ függőlegesébe simul (1.6.4.13. ábra).

²⁹⁰ A „ c ” alakparaméter megnevezése angolul: Shape parameter; németül: Formparameter. A „ c ” alakparamétert típusparaméternek is nevezik (Fegyverneki, 2007).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

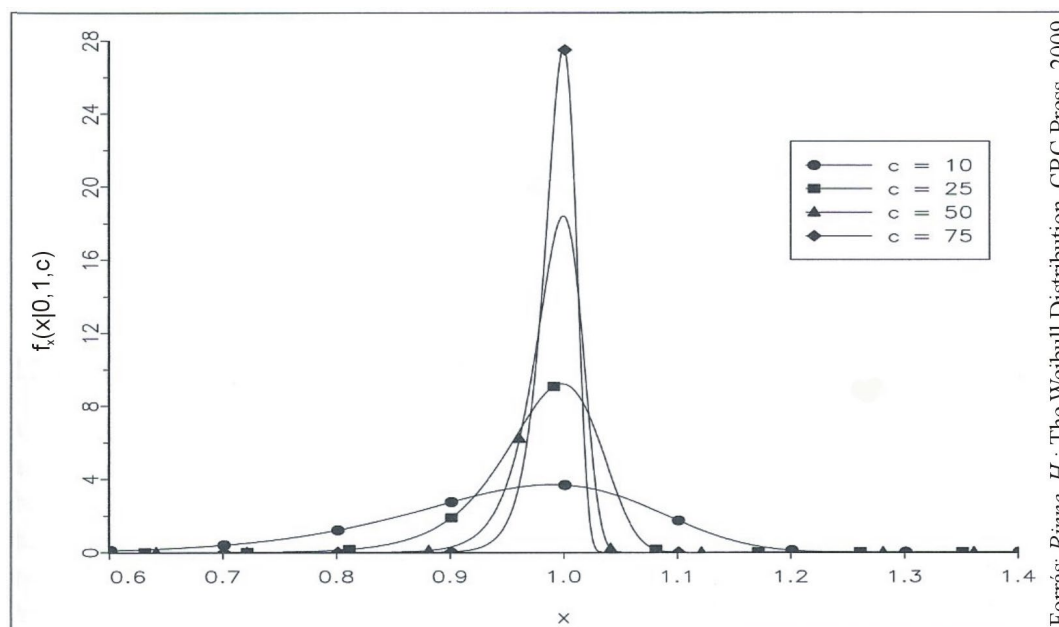
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.4.13. ábra: Az alsó *Weibull*-eloszlás „c” alakparaméterének hatása az $a = 0$ helyparaméterű és $b = 1$ skálaparaméterű sűrűségfüggvény alakjára, ha $c \rightarrow 0$ (Rinne, 2009)

Második eset: $c \rightarrow \infty$

Ha $c \rightarrow \infty$, akkor a *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvénye az $u = 1$ függőlegesébe zsugorodik (1.6.4.14. ábra).



1.6.4.14. ábra: Az alsó *Weibull*-eloszlás „c” alakparaméterének hatása az $a = 0$ helyparaméterű és $b = 1$ skálaparaméterű sűrűségfüggvény alakjára, ha $c \rightarrow \infty$ (Rinne, 2009)

Harmadik eset: $0 < c < 1$

Minthogy az $u = (x - a)/b$ kifejezés értéke alsó (minimális) *Weibull*-eloszlás esetén

negatív szám nem lehet, következik, hogy $0 < c < 1$ esetén a *Weibull*-eloszlásnak nincs szélsőértéke. Ebben az esetben a $w_a(u|0,1,c)$ sűrűségfüggvény értéke $u = 0$ értéknél végtelen, $u = \infty$ felé haladva pedig monoton csökken, és alakja alulról nézve konvex (domború): $\lim_{x \rightarrow 0} w_a(u|0; 1; c) = \infty$ és $\lim_{x \rightarrow \infty} w_a(u|0; 1; c) = 0$ (1.6.4.15. ábra)

Negyedik eset: $c = 1$

Az alsó *Weibull*-eloszlás $c = 1$ esetén az exponenciális-eloszlást adja (*Fegyverneki*, 2007), amely esetben a *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvényének képlete:

$$w_a(u|0; 1, c = 1) = e^{-u}$$

Ebben az esetben az alsó *Weibull*-eloszlás, illetve a exponenciális-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvénye diagramjának – hasonlóan a második esethez – csak alulról nézve konvex (domború), monoton leszálló ága van, és maximumának értéke (szélsőértéke) az $u_{\text{módusz}} = 0$ helyen $w_a(u_{\text{módusz}}|0; 1; c=1) = 1$.

A $c > 1$ alakparaméter esetén a szórás (standard deviation) és a relatív szórás (coefficient of variation) egyre inkább közelít egymáshoz, mert $\lim_{c \rightarrow \infty} \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) = 1$.

Ötödik eset: $1 < c \leq 2$

Ha $1 < c \leq 2$, akkor az alsó *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvényének a fenti $w_a(u_{\text{módusz}}|0,1,c)$ összefüggés szerint a

$$0 < u_{\text{módusz}} \leq \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{c}} = \sqrt[3]{0,5} = 0,707$$

szakaszon belül szélsőértéke (maximuma) van. Például $c = 1,5$ esetén a szélsőérték (módusz) helye:

$$u_{\text{módusz}} \leq \left(\frac{0,5}{1,5}\right)^{\frac{1}{1,5}} = \sqrt[3]{0,333^2} = 0,481, \text{ és értéke:}$$

$$w_a(u_{\text{max}}|0; 1; c = 1,5) = 1,5 \times \left(\frac{0,5}{1,5 \times e}\right)^{\frac{0,5}{1,5}} = 1,5 \times \sqrt[3]{\frac{1}{3 \times e}} = 0,745$$

Hatodik eset: $c = 2$

A hatodik eset az ötödik eset különleges változata (1.6.4.15. ábra). Az alsó *Weibull*-eloszlás $c = 2$ esetén a *Rayleigh* ²⁹¹-eloszlással azonos (*Fegyverneki*, 2007), és egyszerűsített sűrűségfüggvényének alakja a következő:

²⁹¹ *Rayleigh, John William Strutt*, báró (1842, Lanford gGrove – 1919, Witham) Cambridge-ben tanult angol fizikus és politikus, a Royal Institution és a Cambridge-i Egyetem professzora, 1908-tól kancellárja, 1905-1908 között a Royal Society elnöke. 1890-ben megkapta a London Mathematical Society Augustus DeMorganról elnevezett medálját. A *Rayleigh*-eloszlás felírásáért 1904-ben fizikai Nobel-díjban részesült. *William Ramsay* (1852, Glasgow – 1916, High Wycombe) skót kémikussal együtt felfedezte az argon gázt.

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

$$w_a(u|0; 1; c = 2) = 2 \times u \times e^{-u^2}$$

A szélsőérték helye, mint az ötödik esetben láttuk:

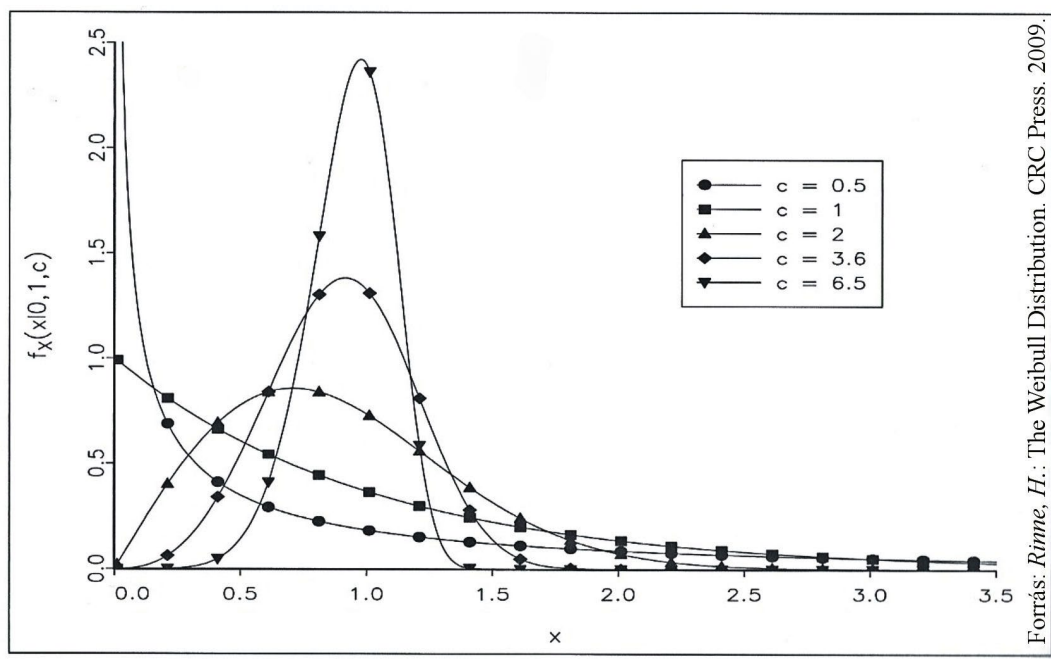
$$u_{\text{módusz}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{0,5} = 0,707, \text{ és értéke:}$$

$$w_a(u_{\text{módusz}}|0; 1; c = 2) = 2 \times \left(\frac{1}{2 \times e}\right)^{\frac{1}{2}} = 2 \times \sqrt{\frac{1}{2 \times e}} = 0,858$$

Megjegyzés: *Fegyverneki* (2007) szerint megfelelő együttható-választással az is elérhető, hogy a *Weibull*-eloszlás jól közelítse a lognormális- és a gamma-eloszlást. A *Weibull*-eloszlás és a háromparaméteres gamma-eloszlás (más néven: *Pearson III.* eloszlás) kapcsolatáról *könyvünk 1.6.4.6. fejezetében* szólunk.

Hetedik eset: $c > 2$

A fenti u_{infl} és $w_a(u_{\text{infl}}|0,1,c)$ összefüggésekből adódik, hogy az alsó *Weibull*-eloszlás sűrűségfüggvényének $c > 2$ esetén két inflexiós pontja van, az egyik a móduosztól balra, a másik a móduosztól jobbra fekszik (1.6.4.15. ábra).



1.6.4.15. ábra: Az alsó *Weibull*-eloszlás „ c ” alakparaméterének hatása az $a = 0$ helyparaméterű és $b = 1$ skálaparaméterű egyszerűsített sűrűségfüggvény alakjára (*Rinne*, 2009)

Például, ha $c = 3$, akkor az inflexiós pontok helye: $u_{\text{infl,bal}} = 0,491$ és $u_{\text{infl,jobb}} = 1,235$, az egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvény értéke pedig ezeken a helyeken $w_a(u_{\text{infl,bal}}|0;1;c)_1 = 0,642$ és $w_a(u_{\text{infl,jobb}}|0;1;c)_2 = 0,696$. Ha $c = 3$, akkor a szélsőérték helye. $u_{\text{módusz}} = 0,874$ és értéke $w_a(u_{\text{módusz}}|0,1,c) = 1,175$.

Nyolcadik eset: $c \approx 3,447798$

Az egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvény inflexiós pontjainak értéke (magassága) $c \approx 3,447798$ alakparaméter értéknél egyforma, ennél fogva a

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

sűrűségfüggvény közel szimmetrikus. A $c = 3,447798$ értéknél kisebb alakparaméter esetén a jobb oldali, nagyobb alakparaméter esetén a baloldali inflexiós pont fekszik magasabban, illetve $c = 3,447798$ értéknél kisebb alakparaméter esetén a bal oldali, nagyobb alakparaméter esetén a jobb oldali inflexiós pont fekszik alacsonyabban. (Rinne, 2009. p. 39.)

Ha $c = 3,447798$, akkor a *Weibull*-eloszlás szélsőértékének (móduszának) helye $u_{\text{módusz}} = 0,90542326$ és értéke $w_a(u_{\text{módusz}}|0;1;c) = 1,329$, az inflexiós pontok helye pedig: $u_{\text{inf},\text{bal}} = 0,57750732$ és $u_{\text{inf},\text{jobb}} = 1,21898219$; az egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvény értéke mind az $u_{\text{inf},\text{bal}}$, mind az $u_{\text{inf},\text{jobb}}$ inflexiós helyen: $w_a(u_{\text{inf},\text{bal}}|0;1;c) = w_a(u_{\text{inf},\text{jobb}}|0;1;c) = 0,77351174$. (Rinne, 2009. p. 39.)

A bal és a jobb inflexiós pontok magassága $c = 3,447798$ értékhez tartozó egyezőségének tudható be, hogy az alsó *Weibull*-eloszlás egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvénye $c = 3,447798 \sim 3,4478$ esetén közel szimmetrikus, és viszonylag jól közelíti a *Gauss*-féle normális-eloszlást. E közelítőleg szimmetrikus alsó *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvényének képlete (Rinne, 2009):

$$w_a(u|0;1;c = 3,4478) = 3,4478 \times x^{2,4478} \times e^{-x^{3,4478}}$$

Ha $c < 3,4478$, akkor a *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvénye jobbra ferde (jobbra nyúlik el, pozitív ferdeségű), ha $c > 3,4478$, akkor a *Weibull*-eloszlás egyszerűsített sűrűségfüggvénye balra ferde (balra nyúlik el, negatív ferdeségű).

A valós szimmetria feltétele, hogy a sűrűségfüggvény ferdeségi együtthatójának értéke zérus legyen, bal oldali és a jobb oldali inflexiós pontja pedig azonos távolságra feküdjön a módusztól. Ez a követelmény $c = 3,447798$ alakparaméter esetén nem teljesül; a ferdeségi együttható értéke $\gamma_{\text{skewness, Weibull}} = 0,038393597 \sim 0,038$, és míg a bal oldali inflexiós pont távolsága $0,327916$, addig a jobb oldali inflexiós pont távolsága $0,313559$ a módusztól. Egyébként a bal oldali inflexiós pont a „c” alakparaméter értékétől függetlenül mindig távolabb van a módusztól, mint a jobb oldali inflexiós pont. Ez az oka annak, hogy a $c \sim 3,4478$ alakparaméterű alsó *Weibull*-eloszlás csak közelítőleg szimmetrikus (Rinne, 2009. p. 40.).

Kilencedik eset: $c \approx 3,602349$

Rinne (2009. p. 92.) könyvében olvashatjuk, hogy a zérus értéket legjobban a $c \approx 3,6023494257197 \sim 3,60235$ alakparaméterű alsó *Weibull*-eloszlás egyszerűsített (reduced) sűrűségfüggvényének ferdeségi együtthatója közelíti meg.

Rinne (2009) könyvének 2/2. táblázatával kapcsolatban megállapítja, hogy az egyszerűsített (reduced) *Weibull*-eloszlás „c” alaktényezőjének nincs olyan értéke, amelynél a $\mu = \Gamma(1 + 1/c)$ várható érték, az $u_{0,5}$ medián és az u^* módusz egybeesik, de van három „c” érték, amelyiknél két paraméter értéke azonos:

$c \approx 3,25889135$ értéknél: $u^* = u_{0,5} \approx 0,89362816$, ezesetben a sűrűségfüggvény pozitív ferdeségű, jobbra elnyúlik;

$c \approx 3,31246917$ értéknél: $u^* = \mu \approx 0,89718563$;

$c \approx 3,43954065$ értéknél: $\mu = u_{0,5} \approx 0,89892230$, ezesetben a sűrűségfüggvény negatív ferdeségű, balra elnyúlik.

Rinne (2009) könyvének 2/3. táblázata szerint, ha a „c” alaktényező:

➤ $c < 3,2589$, akkor a *Weibull*-eloszlás pozitív ferdeségű (jobbra nyúlik el

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

hosszabban), a ferdeségi együttható pozitív, a lapultsági együttható is pozitív, és a statisztikai mutatók sorrendje balról nézve: módusz, medián, átlag. Ezek a pozitív függvényferdeség egyértelmű jegyei;

- $3,2589 < c < 3,3125$, akkor a ferdeségi együttható pozitív, a lapultsági együttható is pozitív, és a statisztikai mutatók sorrendje balról nézve: medián, módusz, átlag;
- $3,3125 < c < 3,4395$, akkor a ferdeségi együttható pozitív, a lapultsági együttható is pozitív, és a statisztikai mutatók sorrendje balról nézve: medián, átlag, módusz;
- $3,4395 < c < 3,6023$, akkor a ferdeségi együttható negatív, a lapultsági együttható pozitív, és a statisztikai mutatók sorrendje balról nézve: átlag, medián, módusz;
- $c > 3,6023$, akkor a *Weibull*-eloszlás negatív ferdeségű (balra nyúlik el hosszabban), a ferdeségi együttható negatív, a lapultsági együttható is negatív, és a statisztikai mutatók sorrendje balról nézve: átlag, medián, módusz. Ezek a negatív függvényferdeség egyértelmű jegyei.

Ezek a megállapítások nagyon fontosak a *Mistéth*-féle elmélet²⁹² értelmezéséhez.

1.6.4.5. A beton-nyomószilárdság ferde eloszlásának kifejezése *Weibull*-eloszlással

Mistéth Endre (1974, 1977, 2000, 2001) tanulmányaiban arról írt, hogy a terhek maximumainak eloszlásfüggvénye a felső extrémérték-eloszlást, a teherhordó anyagok tulajdonságai minimumainak eloszlásfüggvénye az alsó harmadik extrémérték-eloszlást követi. *W. Weibull* kísérletei alapján a rideg anyagok, mint például a nagyobb szilárdságú betonok nyomószilárdságának az eloszlására – a más kutatók által javasolt három alsó extrémérték-eloszlásfüggvényből – az alsó III. *Weibull* extrémérték-eloszlás bizonyult igaznak.

Megjegyzés: *Mistéth* az extrémérték-eloszlást extrémális-eloszlásnak, az alsó III. *Weibull*-eloszlást alsó második extrémális-eloszlásnak nevezte.

A beton nyomószilárdság-vizsgálat eredményének *Mistéth*-elmélet szerinti értékeléséhez ismerni kell a vizsgálati eredmények eloszlását leíró alsó *Weibull*-eloszlás „a” helyparaméterének, „b” skálaparaméterének és „c” alakparaméterének az értékét.

Alapvetésünk ezek meghatározásához, hogy

- az egyparaméteres, egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás ferdeségi együtthatója megegyezik a mérésekkel kapott tapasztalati ferdeségi együtthatóval:

$$\gamma_{\text{skewness, Weibull, alsó}}(u|0;1;c) = \gamma_{\text{skewness, test}}$$

- a kétparaméteres, félig egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás szórása megegyezik a mérésekkel kapott tapasztalati szórással:

$$S_{\text{Weibull, alsó}}(z|0;b;c) = S_{\text{test}}$$

²⁹² *Mistéth* (1974, 2000, 2001) és *Ujhelyi* (1978) szerint a teherhordó anyagok tulajdonságai (értsd alatta a betonok nyomószilárdságát) minimumainak eloszlásfüggvénye a nagyobb szilárdságok tartományában az alsó harmadik extrémérték-eloszlást követi. Hasznos tudni, hogy *Mistéth* és *Ujhelyi* az alsó III. *Weibull*-eloszlást második alsó extrémális-eloszlásnak nevezte.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

- a háromparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás várható értéke megegyezik a mérésekkel kapott tapasztalati átlaggal:

$$\mu_{\text{Weibull,alsó}}(x|a;b;c) = f_{\text{cm,test}},$$

- a háromparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás tapasztalati átlaggal azonosnak tekintett várható értékének és a kétparaméteres, félig egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás várható értékének különbsége azonos az „a” helyparaméter értékével:

$$a = f_{\text{cm,test}} - \mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0;b;c)$$

Az „a” helyparaméter, „b” skálaparaméter és „c” alakparaméter értéke meghatározásának ajánlott lépései a következők:

- Első lépés: Az egyparaméteres, egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás ferdeségi együtthatójának képletébe beírjuk a mérésekkel kapott tapasztalati ferdeségi együttható értékét ($\gamma_{\text{skewness,test}}$), és implicit iterációval megkeressük a *Weibull*-eloszlás „c” alakparaméterének a tapasztalati ferdeségi együtthatóhoz tartozó értékét:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{skewness,Weibull,alsó}}(u|0; 1; c) &= \\ &= \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{c}\right) - 3 \times \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right) + 2 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)^3}{\sqrt{\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2\right)^3}} = \gamma_{\text{skewness,test}} \end{aligned}$$

A mérési eredményekből a tapasztalati ferdeségi együttható értékét, amely a harmadrendű momentumnak (μ_3) és a szórás harmadik hatványának a hányadosa (s_n^3), a következő képlettel számítjuk ki (Palotás, 1979), (Hartung et al., 2009):

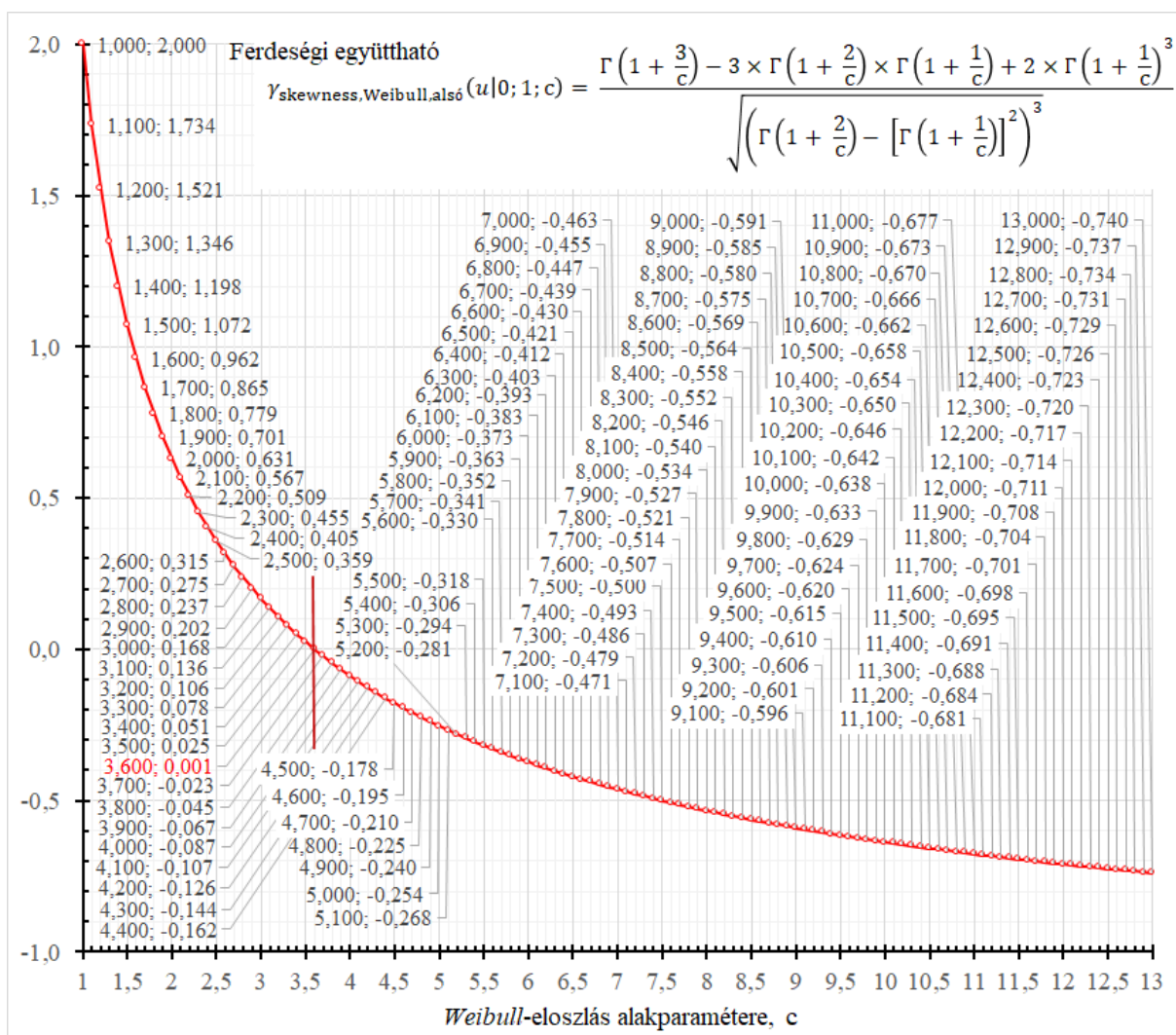
$$\gamma_{\text{skewness,test}} = \frac{\mu_3}{s_n^3} = \frac{\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3\right)}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)^3}}$$

A fokozatos közelítés (iteráció) során különböző „c” értékek felvételével addig ismételjük az egyparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás ferdeségi együtthatójának a kiszámítását, ameddig a tapasztalati ferdeségi együttható értékét legjobban (például három tizedesre) megközelítő értéket megkapjuk. Ehhez segítségünkre lehet az 1.6.4.16. ábra.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.4.16. ábra: Az egyparaméteres, egyszerűsített *Weibull*-eloszlás ferdeségi együtthatója a „c” alakparaméter függvényében

- Második lépés: A kétparaméteres, félig egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás szórásának képletébe beírjuk a már ismert „c” alakparaméter értékét és a beton-nyomószilárdság mérésekkel kapott tapasztalati szórásának az értékét (s_{test}), és implicit iterációval megkeressük a *Weibull*-eloszlás b skálaparaméterének a tapasztalati szóráshoz tartozó értékét:

$$s_{\text{Weibull, alsó}}(z|0; b; c) = b \times \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2} = s_{\text{test}}$$

A fokozatos közelítés (iteráció) során különböző „b” értékek felvételével addig ismételjük a kétparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás szórásának a kiszámítását, ameddig a tapasztalati szórás értékét legjobban (például három tizedesre) megközelítő értéket megkapjuk. Ehhez segítségünkre lehet

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

- az 1.6.4.17. és az 1.6.4.18. ábra, amelyeken a félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó Weibull-eloszlás z független változója szórásának diagramjait a „b” skálaparaméter és a „c” alakparaméter függvényében ábrázoltuk, valamint
- az 1.6.4.19. ábra és az 1.6.4.20. ábra, amelyeken a félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó Weibull-eloszlás z független változója szórással arányos

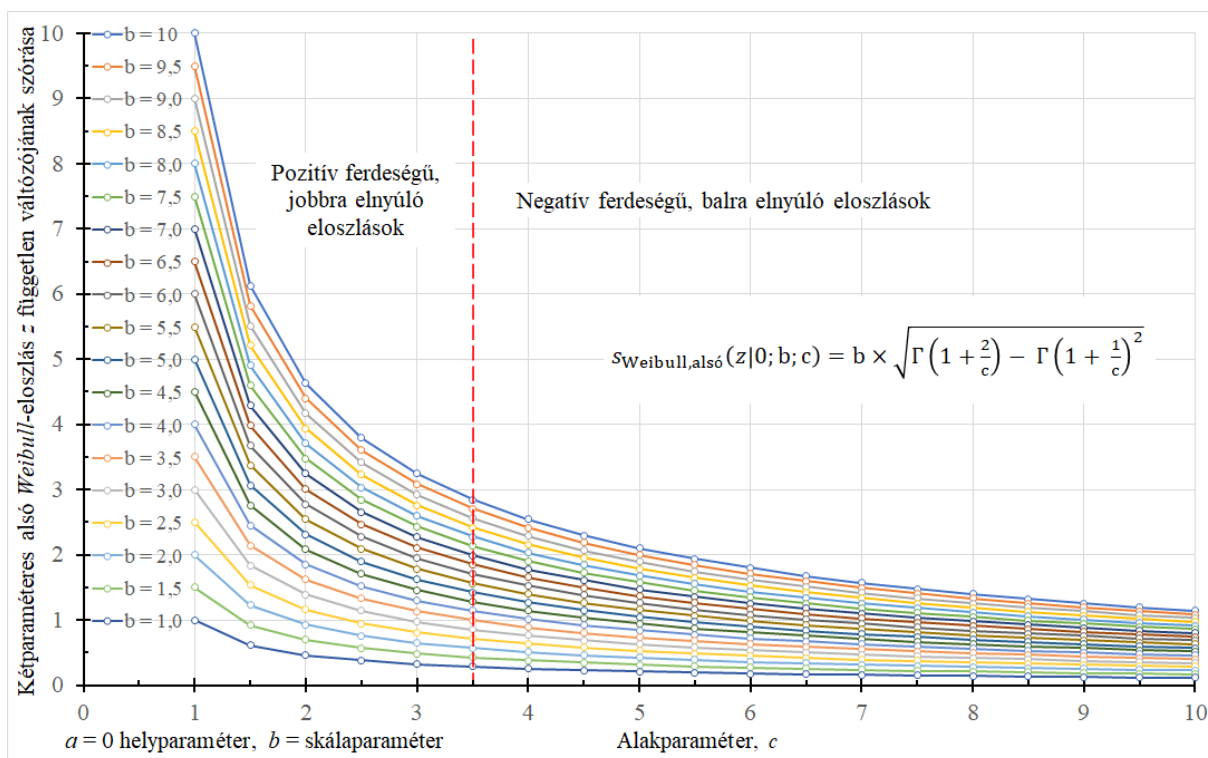
$$\sqrt{\Psi_c} = \frac{S_{\text{Weibull,alsó}}}{b} = \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2}$$

szórás/skálaparaméter hányadosának diagramját, illetve a szórás/skálaparaméter hányados négyzetének

$$\Psi_c = \left(\frac{S_{\text{Weibull,alsó}}}{b}\right)^2 = \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]^2$$

diagramját rajzoltuk meg.

Ha szükséges, akkor a kiszámított „b” skálaparaméter felhasználásával a „c” alakparaméter értékét pontosítani lehet.

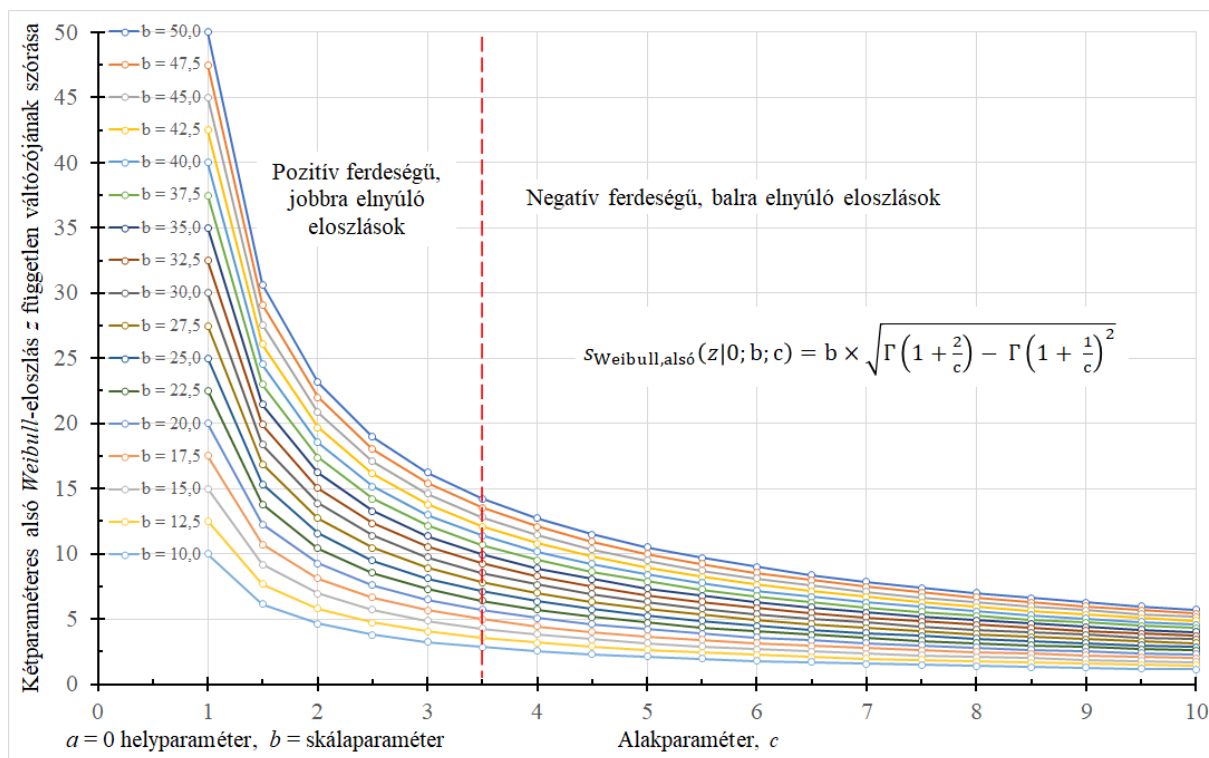


1.6.4.17. ábra: Az „a” helyparaméterrel félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó Weibull-eloszlás z független változójának szórása a „b” skálaparaméter és a „c” alakparaméter függvényében, ha $1,0 \leq b \leq 10,0$ és ha $1,0 \leq c \leq 10,0$

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

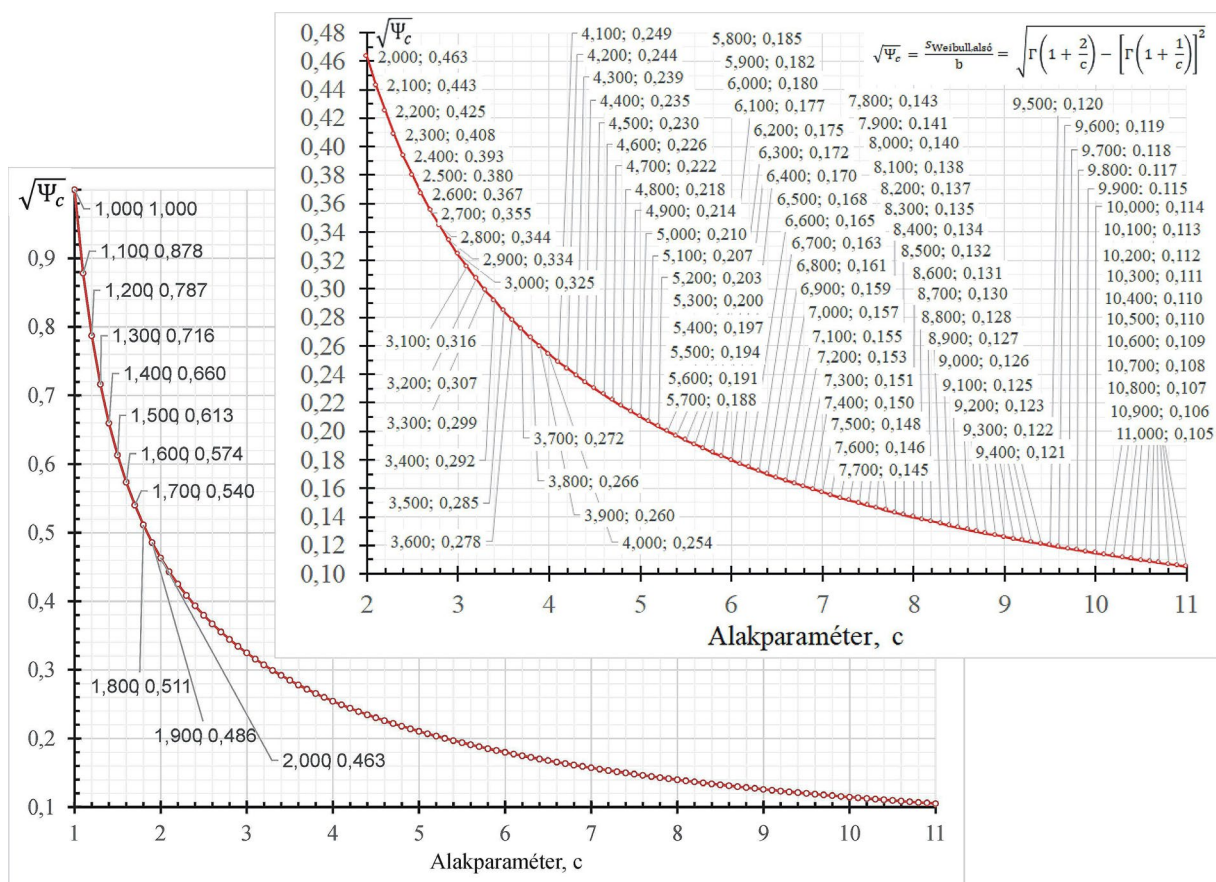


1.6.4.18. ábra: Az „a” helyparaméterrel félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás z független változójának szórása a „b” skálaparaméter és a „c” alakparaméter függvényében, ha $10,0 \leq b \leq 50,0$ és ha $1,0 \leq c \leq 10,0$

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

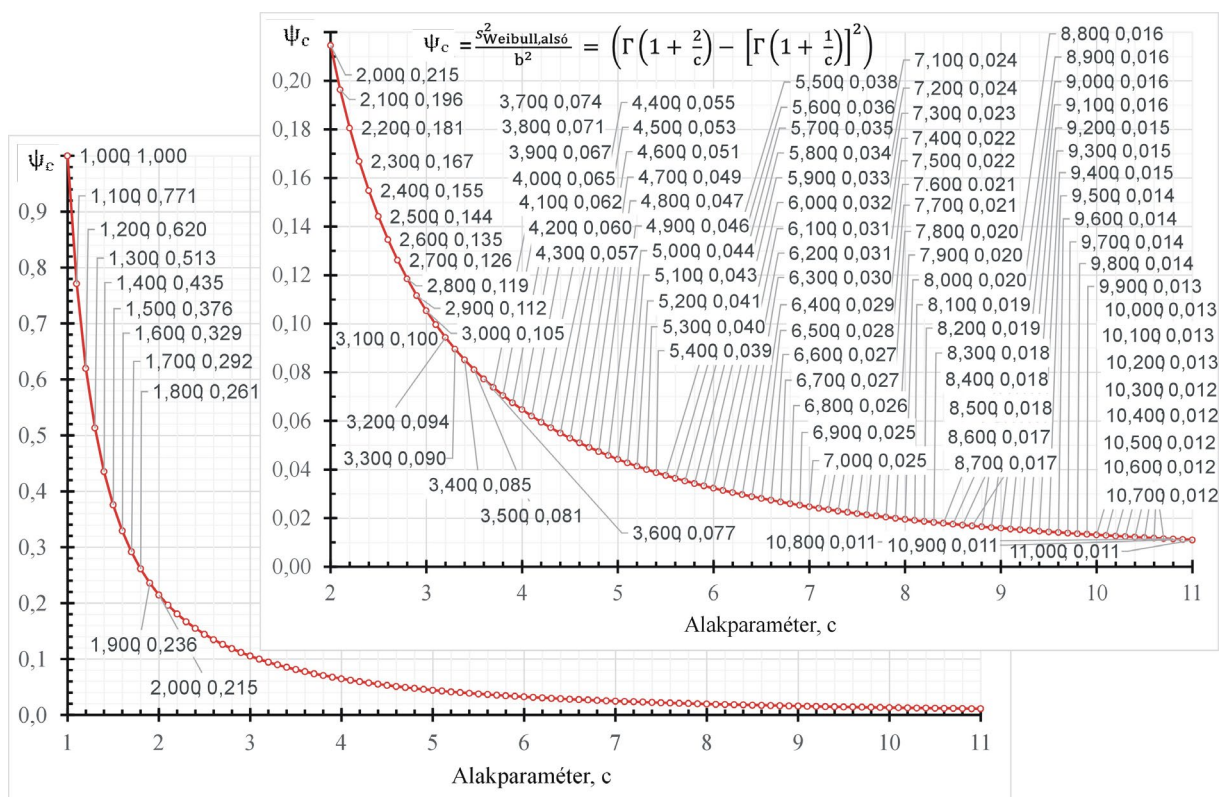


1.6.4.19. ábra: A félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó Weibull-eloszlás szórással arányos $\sqrt{\Psi_c}$ szórás/skálaparaméter hányadosa a „c” alakparaméter függvényében

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.4.20. ábra: A félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás szórásnégyzetével arányos négyzetre emelt $\sqrt{\Psi_c}$ szórás/skalaparaméter hányadosa (Ψ_c) a „c” alakparaméter függvényében

- Harmadik lépés: A már ismert „b” skalaparaméter és „c” alakparaméter felhasználásával implicit iterációval kiszámítjuk a kétparaméteres, félig egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás $\mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0;b;c)$ várható értékét:

$$\mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0;b;c) = b \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$$

A kétparaméteres, félig egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás $\mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0;b;c)$ várható értékének a „b” skalaparaméter és „c” alakparaméter függvényében rajzolt diagramja az 1.6.4.21. és 1.6.4.22. ábrán látható.

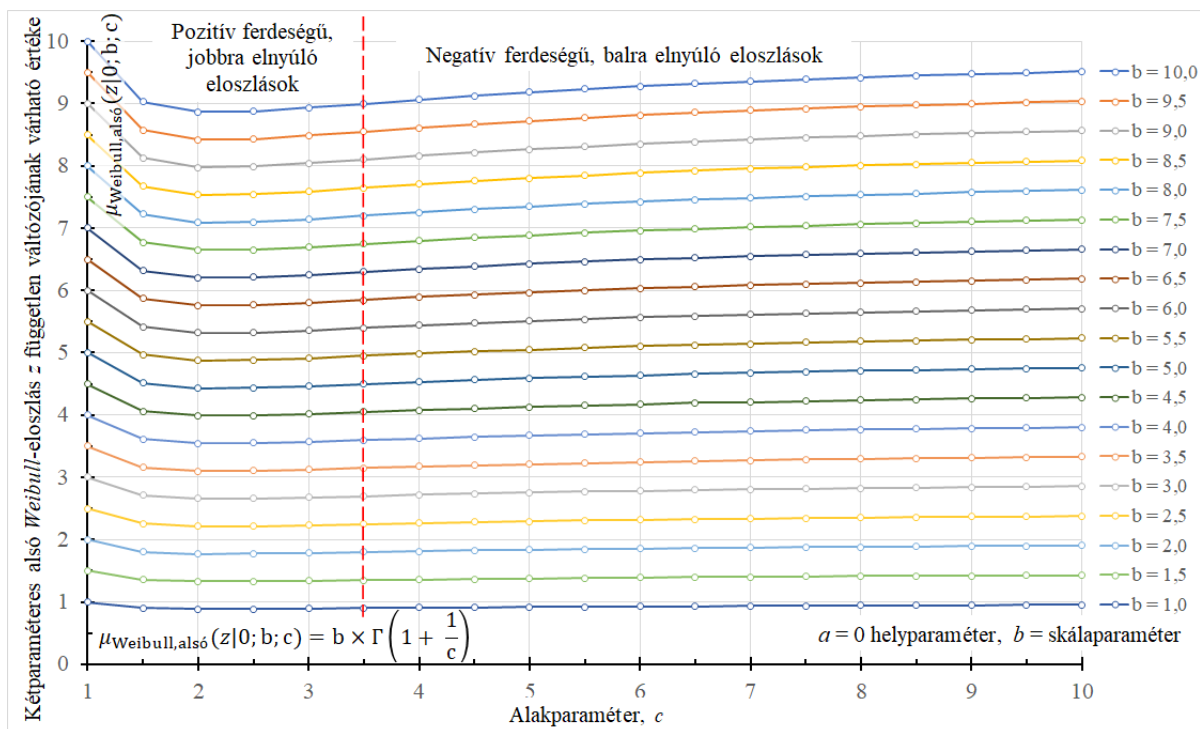
Az „a” helyparaméter értékét megkapjuk, ha alapvetésünknek megfelelően a kétparaméteres, félig egyszerűsített alsó *Weibull*-eloszlás kiszámított várható értékét $\mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0;b;c)$ a beton-nyomószilárdság mérési eredményeinek tapasztalati átlagából ($f_{\text{cm,test}}$) kivonjuk:

$$a = f_{\text{cm,test}} - \mu_{\text{Weibull,alsó}}(z|0;b;c)$$

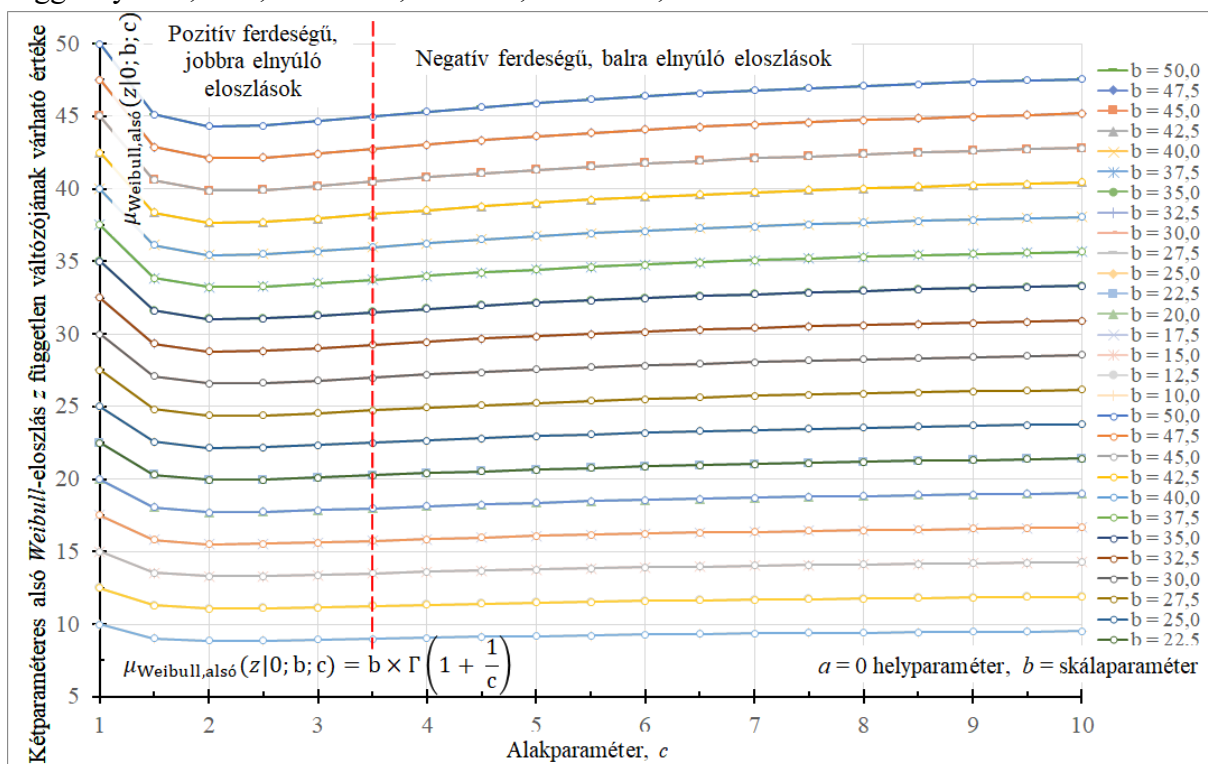
1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.4.21. ábra: Az „a” helyparaméterrel félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás z független változójának várható értéke a „b” skálaparaméter és a „c” alakparaméter függvényében, ha $1,0 \leq b \leq 10,0$ és ha $1,0 \leq c \leq 10,0$



1.6.4.22. ábra: Az „a” helyparaméterrel félig egyszerűsített, kétparaméteres alsó *Weibull*-eloszlás z független változójának várható értéke a „b” skálaparaméter és a „c” alakparaméter függvényében, ha $10,0 \leq b \leq 50,0$ és ha $1,0 \leq c \leq 10,0$

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

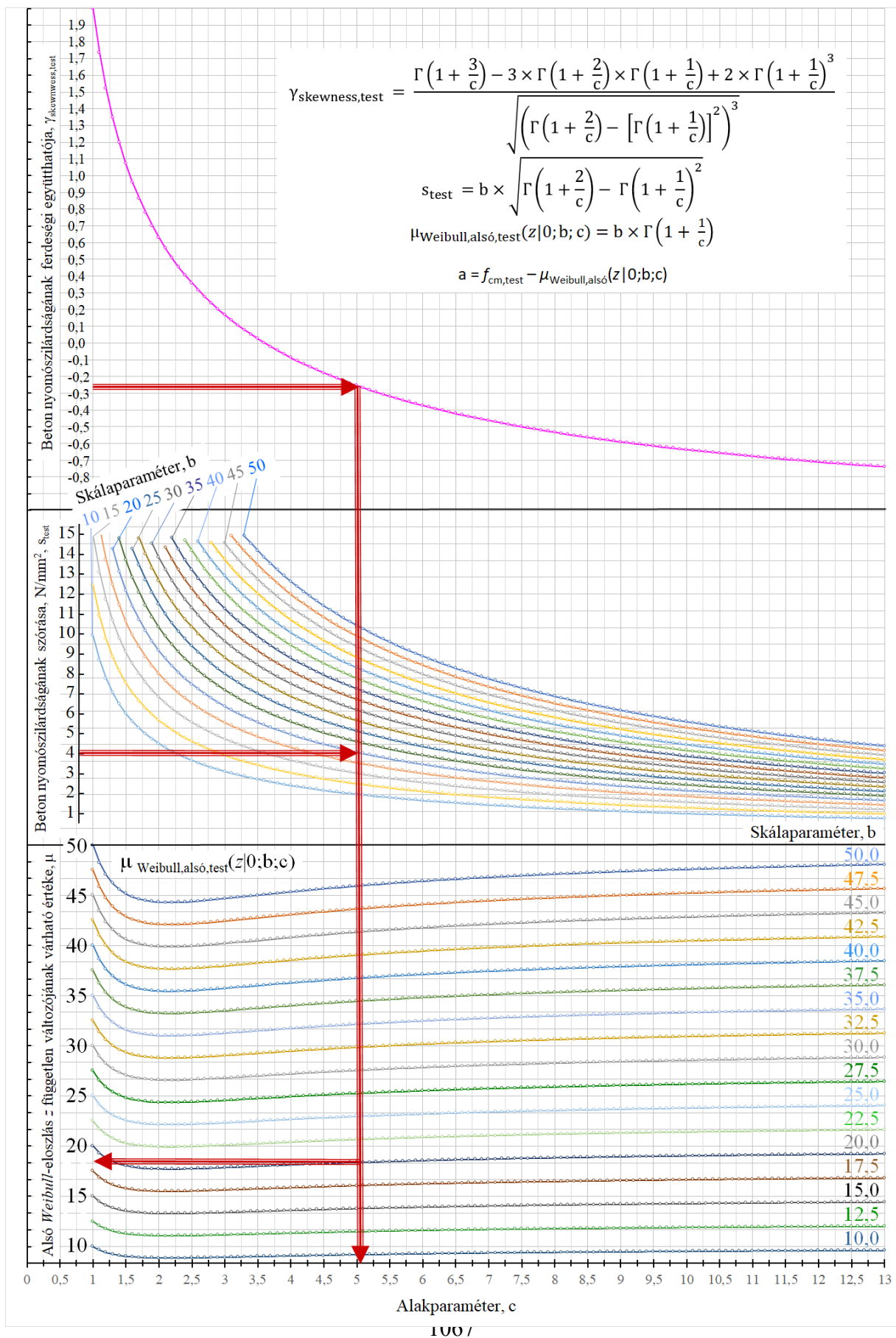
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

- Negyedik lépés: Az 1.6.4.16. - 1.6.4.22. *ábra* felhasználásával nomogramot lehet szerkeszteni (1.6.4.23. *ábra*), amelyen a *Weibull*-eloszlás paraméterei számítási eredményei összefüggésükben jeleníthetők meg.

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

1.6.4.23. ábra: Nomogram az alsó Weibull-eloszlás paramétereinek meghatározásához

A Weibull-eloszlás paramétereinek fenn javasolt számításmódjával számpéldákat oldottunk meg. A számpéldák kiindulási adata a beton nyomószilárdságának tapasztalati átlaga, tapasztalati szórása és tapasztalati ferdeségi együtthatója, a számítás főbb eredménye a kétparaméteres Weibull-eloszlás várható értéke, a helyparaméter, a skálaparaméter, az alakparaméter értéke, valamint a beton Weibull-eloszlású nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke és tapasztalati alulmaradási tágassága volt. A számpéldák régebbi kísérleti eredményeken alapuló kiindulási adatait és a számítás eredményét az 1.6.4.6. táblázatban tüntettük fel. A számpéldák megoldásának folyamatát az 1.6.4.24. ábra szemlélteti.

1.6.4.6. táblázat: Számpéldák a Weibull-féle alsó harmadik extrémérték-eloszlás betonanyagtani alkalmazására

A SZÁMPÉLDA JELE					
1.	2.	3.	4.	5.	6.
A KIINDULÁSI ADATOK					
A beton nyomószilárdsági osztálya, MSZ EN 1992-1-1:2010					
C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
A beton nyomószilárdságának tapasztalati átlaga, N/mm^2 , $f_{cm,cyl,test}$ MSZ EN 1992-1-1:2010					
24	28	33	38	43	48
A beton nyomószilárdságának tapasztalati szórása, N/mm^2 , s_{test}					
3,40	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65
A beton nyomószilárdságának tapasztalati relatív szórása, $s_{rel,test}$					
0,142	0,123	0,106	0,093	0,084	0,076
A beton nyomószilárdságának tapasztalati ferdeségi együtthatója, $\gamma_{skewness,test}$					
+0,07	-0,05	-0,21	-0,37	-0,52	-0,68
A SZÁMÍTÁS EREDMÉNYE					
Az egyparaméteres, egyszerűsített Weibull-eloszlás várható értéke, $\mu_{Weibull}(u 0; 1; c)$					
0,897	0,904	0,915	0,927	0,941	0,955
A kétparaméteres, félig egyszerűsített Weibull-eloszlás várható értéke, $\mu_{Weibull}(z 0; b; c)$					
10,271	11,802	14,436	18,230	23,660	33,430
A Weibull-eloszlás helyparamétere, a					
13,729	16,198	18,564	19,770	19,340	14,570
A Weibull-eloszlás skálaparamétere, b					
11,445	13,054	15,780	19,656	25,157	34,992
A Weibull-eloszlás alakparamétere, c					
3,329	3,822	4,698	5,968	7,787	11,080
A beton Weibull-eloszlású nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke (5%-os karakterisztikus értéke), N/mm^2 , $f_{ck,test}$					
18,419	22,199	26,939	31,720	36,519	41,334

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

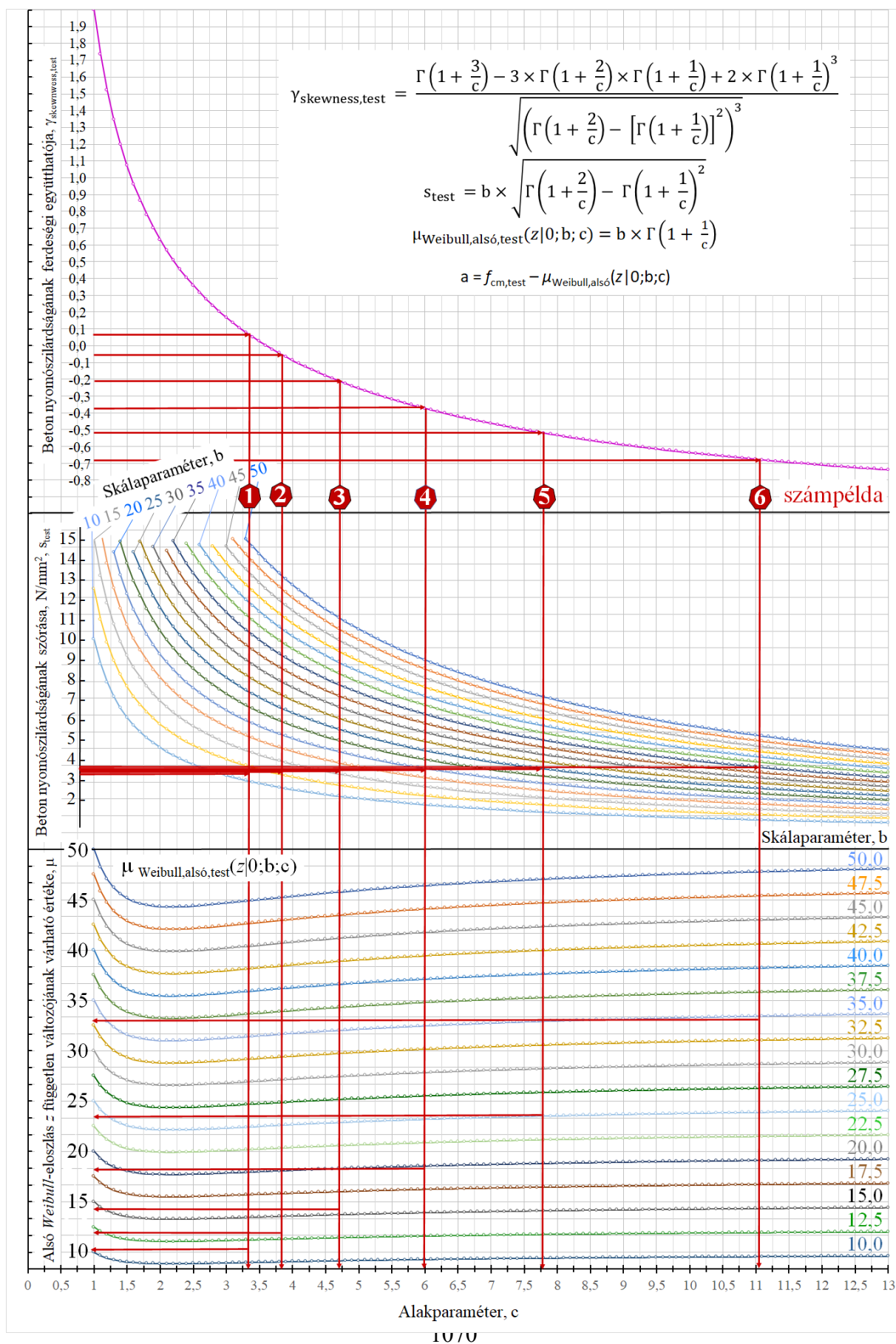
Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

A beton <i>Weibull</i> -eloszlású nyomószilárdságának tapasztalati alulmaradási tágassága, $\text{N/mm}^2, f_{\text{cm,test}} - f_{\text{ck,test}}$					
5,581	5,801	6,061	6,280	6,481	6,666
A számpélda szerint alulmaradási tényező (tapasztalati alulmaradási tágasság / tapasztalati szórás)					
1,641	1,681	1,732	1,769	1,800	1,826

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



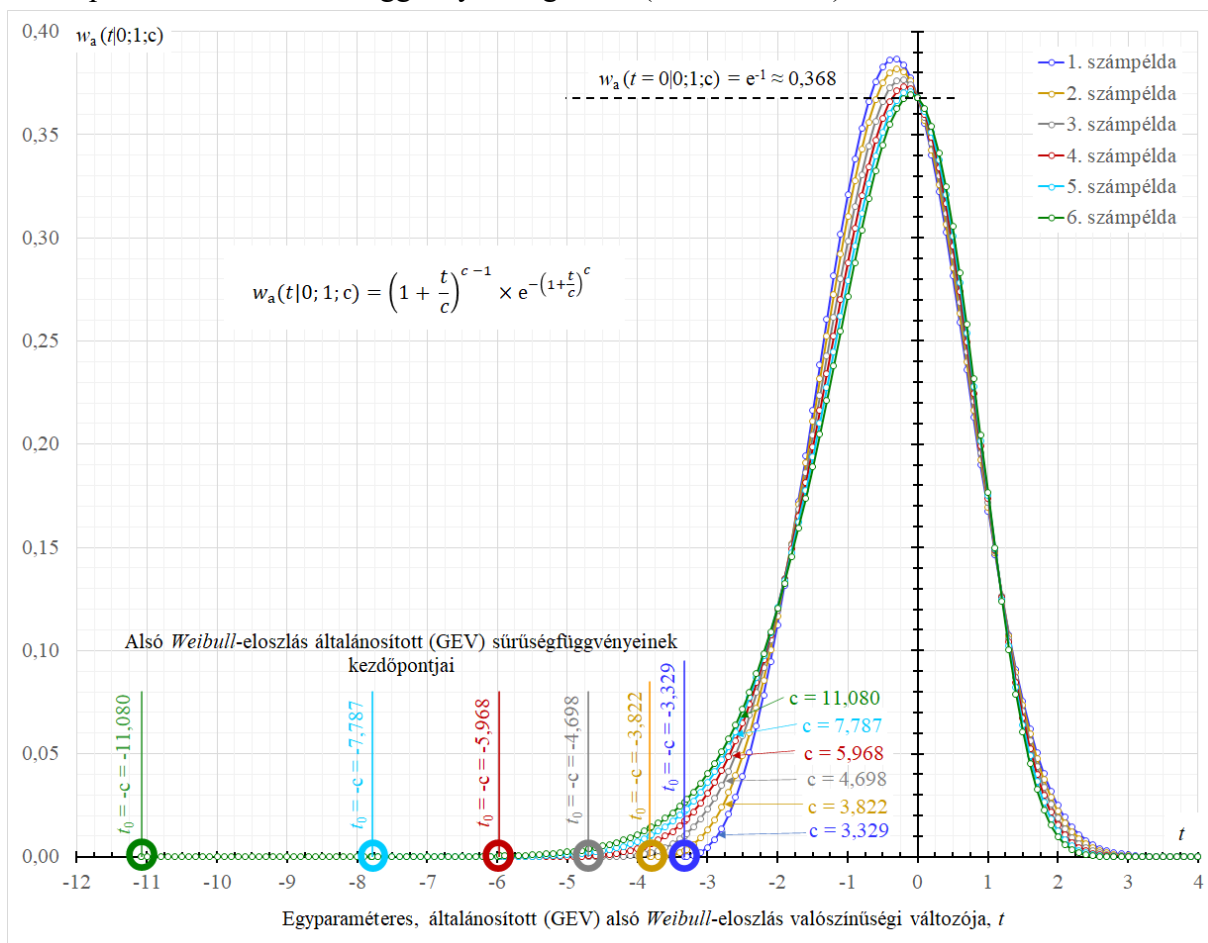
1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

1.6.4.24. ábra: A számpéldák megoldása folyamatának szemléltetése nomogramon

A számpéldák kiszámított adatainak a felhasználásával megrajzoltuk az alsó *Weibull*-eloszlás egyparaméteres, általánosított (GEV) sűrűségfüggvényének (1.6.4.25. ábra), egyparaméteres, egyszerűsített sűrűségfüggvényének (1.6.4.26. ábra), kétparaméteres, félig egyszerűsített sűrűségfüggvényének (1.6.4.27. ábra), továbbá az alsó *Weibull*-eloszlású betonnyomószilárdság háromparaméteres sűrűségfüggvényének (1.6.4.28. ábra) és háromparaméteres eloszlásfüggvényének görbéit (1.6.4.29. ábra).

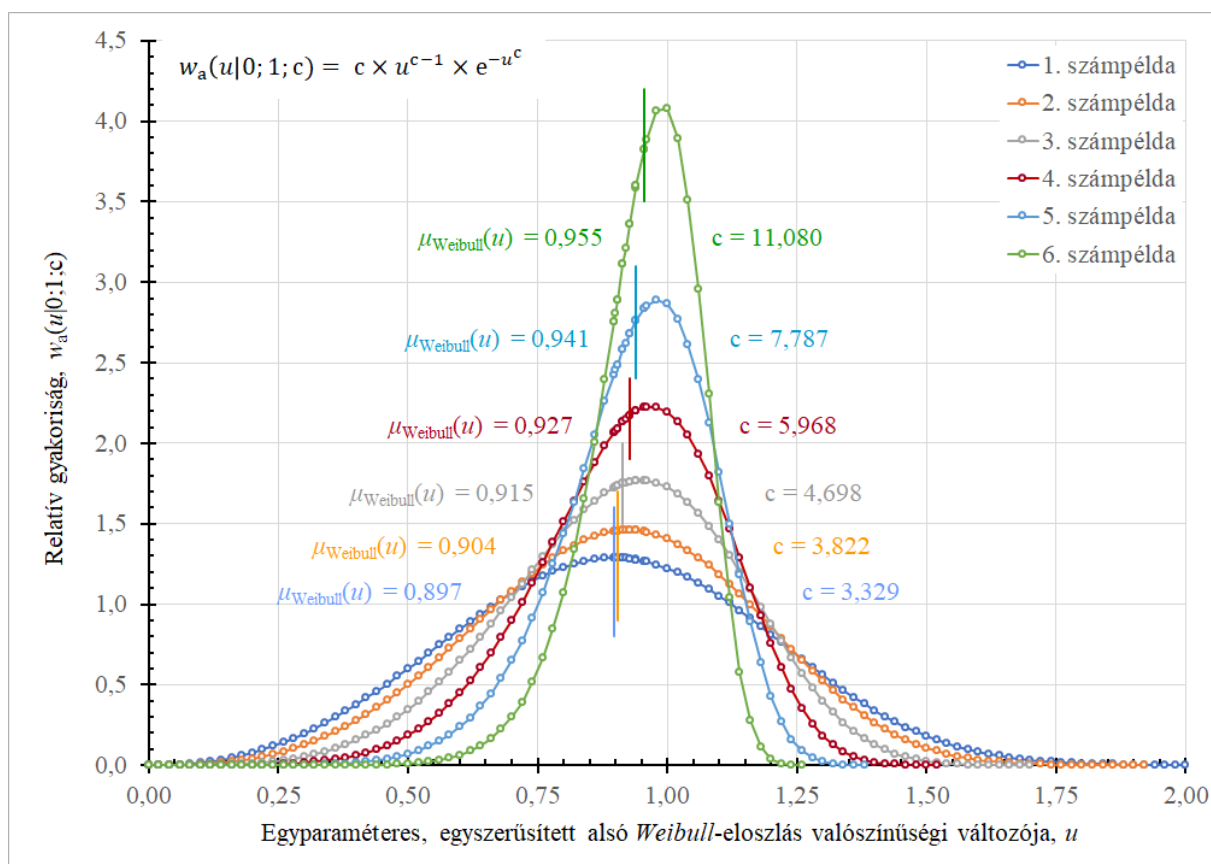


1.6.4.25. ábra: A számpélda-megoldás első lépésének diagramjai. Az alsó *Weibull*-eloszlás egyparaméteres, általánosított (GEV) sűrűségfüggvényének görbéi

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

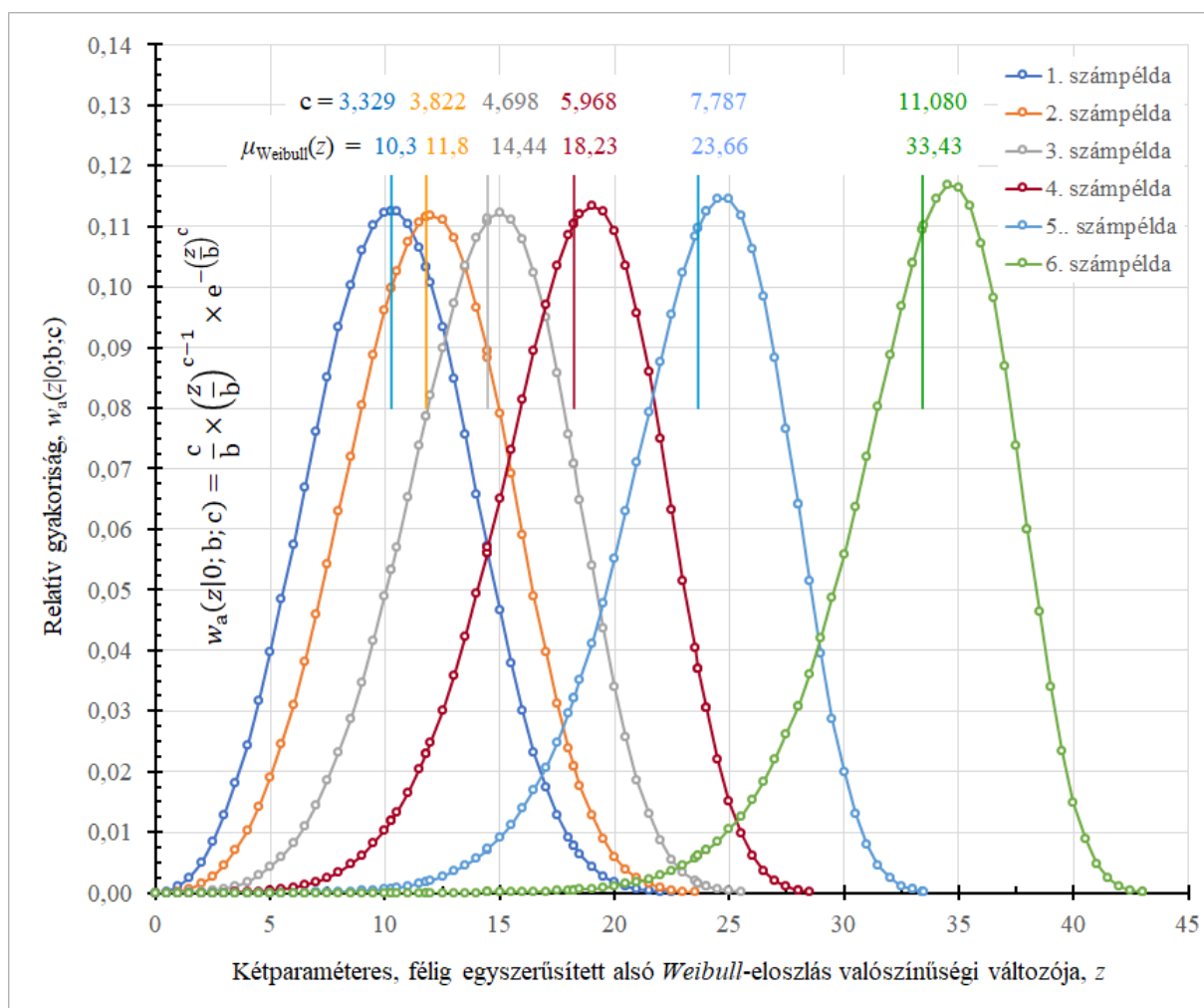


1.6.4.26. ábra: A számpélda-megoldás első lépésének diagramjai. Az alsó Weibull-eloszlás egyparaméteres, egyszerűsített sűrűségfüggvényének görbéi

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

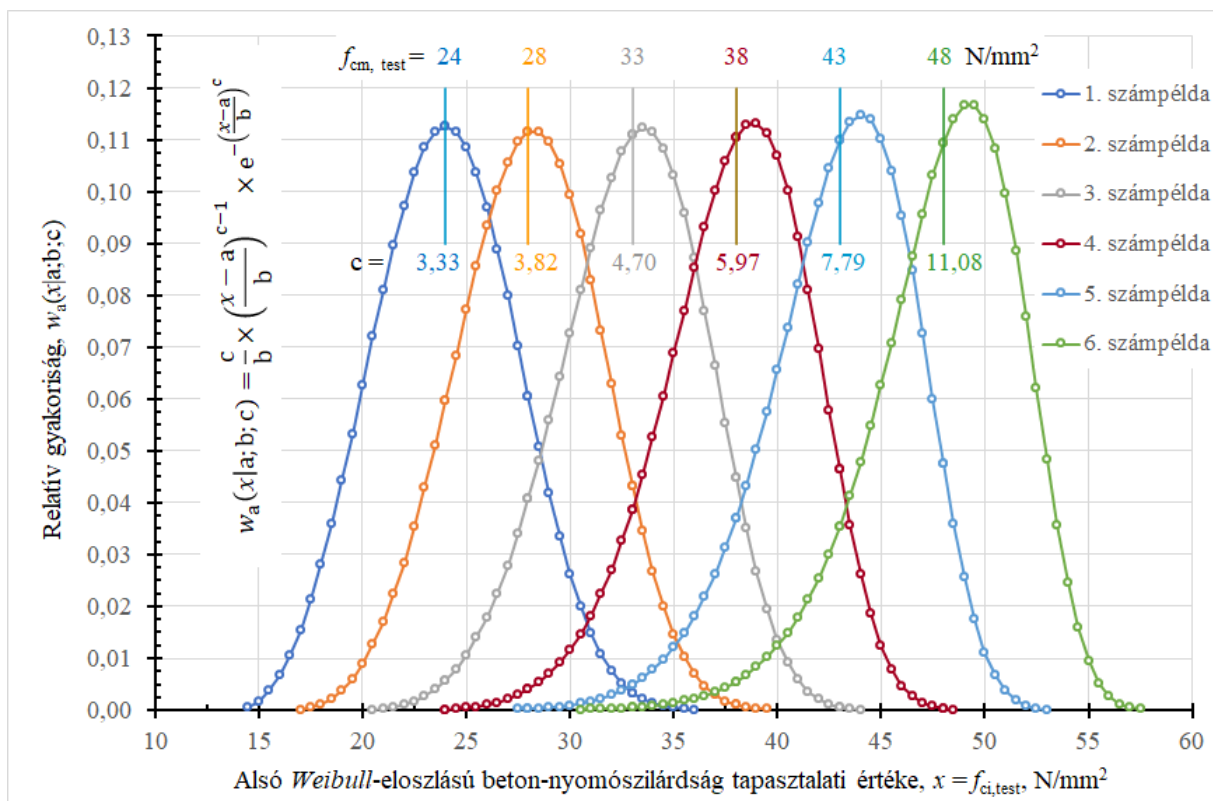


1.6.4.27. ábra: A számpélda-megoldás második lépésének diagramjai. Az alsó Weibull-eloszlás kétparaméteres, félig egyszerűsített sűrűségfüggvényének görbéi

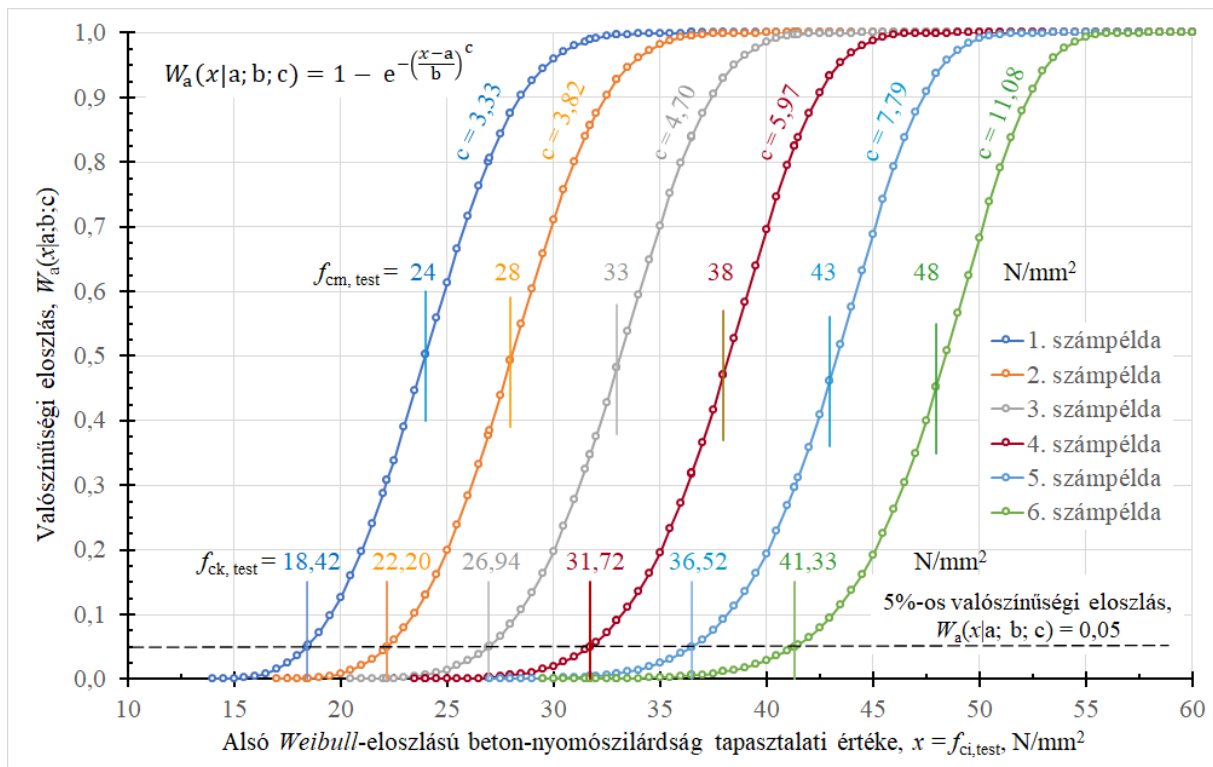
1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet



1.6.4.28. ábra: A számpélda-megoldás harmadik lépésének diagramjai. Az alsó Weibull-eloszlású beton-nyomószilárdság háromparaméteres sűrűségfüggvényének görbéi



1.6.4.29. ábra: A számpélda-megoldás harmadik lépésének diagramjai. Az alsó Weibull-

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

eloszlású beton-nyomószilárdság háromparaméteres eloszlásfüggvényének görbéi

Az 1.6.4.29. ábrán a számpéldák alsó *Weibull*-eloszlású beton-nyomószilárdságának 5%-os tapasztalati jellemző értékét (karakterisztikus értékét) is feltüntettük. A nyomószilárdság tapasztalati alulmaradási tágassága a tapasztalati átlag ($f_{cm,test}$) és a tapasztalati jellemző érték ($f_{ck,test}$) különbsége ($f_{cm,test} - f_{ck,test}$), amelynek értéke számpéldáinkban az $5,5 \text{ N/mm}^2$ értéket, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti, legalább C25/30 nyomószilárdsági osztályokban a 6 N/mm^2 értéket meghaladja (1.6.4.6. táblázat).

Ha a vizsgált próbatestek n számát is figyelembe vesszük, akkor az alulmaradási tágasság a $t_n/1,645$ hányadossal megszorozandó, ahol t_n a *Student*-tényező értéke (20.1.4.1. táblázat), (Federighi, 1959), (Stange et al., 1966), és amely hányados értéke például $n = 3$ próbatest esetén $2,92/1,645 = 1,775$, vagy $n = 5$ próbatest esetén $2,132/1,645 = 1,296$, vagy $n = 15$ esetén $1,761/1,645 = 1,071$, vagy $n = 35$ esetén $1,691/1,645 = 1,028$.

Megállapítás

Az 1.6.4.6. táblázat utolsó előtti sora alapján megállapíthatjuk, hogy a beton – a maga valóságában ferde eloszlású – nyomószilárdságának az alsó *Weibull*-eloszlással számított alulmaradási tágassága sokkal nagyobb, mint az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány kezdeti gyártásra vonatkozó 8.2.1.3.2./„A módszer” szakasza szerinti 4 N/mm^2 , illetve folyamatos gyártásra vonatkozó 8.2.1.3.2./„B módszer” szakasza szerinti $1,48 \times \sigma_{test} \text{ N/mm}^2$ érték.

Ebből is következik, hogy az MSZ EN 206 betonszabvány és az ezt követő MSZ 4798:2016 magyar termékszabvány szerinti, valamely adott jelű (például C40/50) beton valójában kisebb átlagos nyomószilárdságú – amely átlagos nyomószilárdság a betonösszetétel tervezésének alapja –, mint amekkora átlagos nyomószilárdságot az Eurocode (MSZ EN 1990:2011) és az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009, MSZ EN 1992-3:2011) tervezési szabványokban az ugyanilyen betonjelhez tartozóan számításba vesznek (Kausay, 2006/2).

Ez az alulmaradási tényezőkben egyébként is meglévő kedvezőtlen különbség (például 1,48 használata az 1,645 helyett) a nagyobb nyomószilárdságú betonok esetén a valóságban még egyre tovább növekszik, miként azt a betonszilárdságok valóságos ferdeségét követő *Weibull*-eloszlással e dolgozatban kimutattuk.

A beton-nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelése az aszimmetriát jól kifejező alsó *Weibull*-eloszlással a beton- és vasbetonszerkezeteink biztonságát és tartósságát szolgálná; hasonlóképpen ahhoz, ahogy azt eleink 24 éven át az alulmaradási tágasságot kifejező $k \times t_n \times s$ szorzatban lévő – a nyomószilárdság átlagától függő – k ferdeségi tényezőnek a 2004-ben visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban való alkalmazásával szolgálták.

Mindent egybevetve megállapíthatjuk, hogy az alsó *Weibull*-eloszlás kiváló eszköz a beton nyomószilárdsága jellemző értékének (karakterisztikus értékének) – az egyedi nyomószilárdság vizsgálati eredmények eloszlásának ferdeségét figyelembe vevő – meghatározására.

1.6.4.6. A *Weibull*-eloszlás kapcsolata a gamma-eloszlások családjával

A matematikusok a *Weibull*-eloszlásból számos más eloszlás-családot vezettek le. Ilyen, a *Weibull*-eloszlások nagy családjába tartozó eloszlások legrégebbike a *Pearson*-eloszlások családjá (rendszere $\rightarrow$ *Pearson system*), amelyet Karl Pearson 1895 körül fejlesztett ki (Rinne, 2009).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

A *Pearson*-eloszlásoknak hat típusa és tíz altípusa van, amelyek közül a szilárdsági tulajdonságok leírása szempontjából a *III. típusú Pearson*-eloszlás a legfigyelemre méltóbb típus, amelyet *III. típusú gamma*-eloszlásnak is neveznek,

Palotás professzor „Mérnöki szerkezetek anyagtana” című könyvének I. kötetében (*Palotás*, 1979) olvashatjuk, hogy „a rugalmas-képlékeny vagy a rugalmas-viszkózus anyagok tulajdonságaira nézve jól illeszkedőnek találták a kutatók a *Pearson III. típusú* eloszlásfüggvényt”²⁹³, amelynek sűrűségfüggvénye:

$$y = f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \times (x - u)^{\alpha-1} \times e^{-\beta \times (x-u)}$$

ahol $\Gamma(\alpha)$ a gamma-függvény, amelynek képlete:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} \times e^{-t} dt, \quad z > 0$$

Palotás (1979) szerint „a betonértékelés gyakorlatában a ferdeséget rendszeren a *Pearson III. típusú* eloszlással szokták tekintetbe venni. A ferdeségszámítást akkor lehet végrehajtani, ha a mintaelemszám $n > 40$, és a szórás $0,3 \times \bar{K} > s_{\text{test}} > 0,1 \times \bar{K}$ közé esik – ahol $\bar{K}$ a 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockák mért nyomószilárdságának átlagértéke –, valamint, ha természetesen a vizsgálati eredmények mediánja kisebb, mint a vizsgálati eredmények átlagértéke”, azaz az eloszlás jobbra ferde (jobbra elnyúló, pozitív ferdeségű), és a *Pearson*-féle aszimmetria-mutató: $A = (\text{Átlag} - \text{Módusz}) / \text{Szórás} > 0$, mert a módusz jobbra ferde eloszlás esetén kisebb, mint a medián (lásd könyvünk 1.5. fejezetét).

Ha a *Palotás*-féle *Pearson III.* képletbe az α paraméter helyébe d -t, a β paraméter helyébe $1/b$ -t és az u paraméter helyébe a -t írunk, akkor a *Rinne* (2009) szerinti háromparaméteres gamma-eloszlás sűrűségfüggvényének alakjára jutunk:

$$f(x|a; b; d) = \frac{1}{b^d \times \Gamma(d)} \times (x - a)^{d-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)}; \quad x \geq a; \quad a \in \mathbb{R}; \quad b, d > 0,$$

tehát a *Palotás* (1979) szerinti *Pearson III.* eloszlástól csak elnevezésében különbözik a *Rinne* (2009) szerinti háromparaméteres gamma-eloszlás, amelyben „ a ” a helyparaméter, „ b ” a skálaparaméter és „ d ” az alakparaméter.

A *Pearson III.* eloszlás (háromparaméteres gamma-eloszlás)

- várható értéke: $\mu_{\text{Pearson III.}} = d \times b + a$;
- szórásnégyzete: $s_{\text{Pearson III.}}^2 = d \times b^2$;
- ferdeségi együtthatója: $\gamma_{\text{skewness, Pearson III.}} = \frac{2}{\sqrt{d}}$,

amelyek mért, tapasztalati értékéből a *Pearson III.* eloszlás paraméterei kiszámíthatók (*Palotás*, 1979), (*Rinne*, 2009):

- $d = 4 / \gamma_{\text{skewness, Pearson III., test}}^2$;

²⁹³ ²⁹³ Például *Korda János* kimutatta (*Korda*, 1972 és 1973), hogy képlékeny (plasztikus) alakváltozás esetén a betonpróbatetek nyomószilárdságának eloszlása kissé balra elnyúló sűrűségfüggvényű *Paerson*-eloszlás (*Ujhelyi*, 1978).

1.6. A VALÓSZÍNŰÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.4. EXTRÉMÉRTÉK-ELOSZLÁS, EXTREMÁLIS-ELOSZLÁS

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

$$\triangleright b = S_{\text{Pearson III., test}} / \sqrt{d};$$

$$\triangleright a = \mu_{\text{Pearson III. test}} - d \times b = \mu_{\text{Pearson III. test}} - 2 \times S_{\text{Pearson III., test}} / \gamma_{\text{skewness, Pearson III., test}}$$

Az $f(x|d)$ egyparaméteres gamma-eloszlás paramétere a „d” alakparaméter; az $f(x|b;d)$ kétparaméteres gamma-eloszlás paraméterei a „b” skálaparaméter és a „d” alakparaméter; az $f(x|a;b;c;d)$ négyparaméteres gamma-eloszlás paraméterei az „a” helyparaméter, a „b” skálaparaméter, a „c” egyik alakparaméter, és a „d” másik alakparaméter (Rinne, 2009).

Az $f(x|a;b;c;d)$ négyparaméteres gamma-eloszlás –, amelyet általánosított gamma-eloszlásnak (generalized gamma distribution) is neveznek – sűrűségfüggvénye (Rinne, 2009):

$$f(x|a;b;c;d) = \frac{c \times (x - a)^{c \times d - 1}}{b^{c \times d} \times \Gamma(d)} \times e^{-\frac{x-a}{b}}; \quad x \geq a; \quad a \in \mathbb{R}; \quad b, c, d > 0$$

Ha a négyparaméteres gamma-eloszlás sűrűségfüggvényében

- $a = 0, b = 1/\lambda, c = 1, d = 1$, akkor a gamma-függvény értéke: $\Gamma(d) = 1$, és az **exponenciális-eloszlás** sűrűségfüggvényének

$$f(x) = \lambda \times e^{-\lambda \times x}$$

alakjára jutunk;

- $d = 1$, akkor a háromparaméteres **alsó Weibull-eloszlás** sűrűségfüggvényét kapjuk;
- $a = 0, b = 2, c = 1$ és $d = n/2$, akkor a kapott függvény a **χ^2 -eloszlás**

$$f_n(x) = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \times x^{\frac{n}{2}-1} \times e^{-\frac{x}{2}}; \quad x \geq 0$$

sűrűségfüggvénye, ahol „n” a szabadságfok. (Rinne, 2009)

A Weibull-eloszláshoz kapcsolódó eloszlás-családok közös tulajdonsága, hogy különleges tulajdonságaik azonosak, és/vagy egyazon elképzelésre épülnek, és/vagy szerkezetük azonos (Rinne, 2009).

1.6. A VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS A MATEMATIKAI STATISZTIKA
NÉHÁNY ANYAGTANI ALKALMAZÁSA

1.6.5. REGRESSZIÓS FÜGGVÉNYEK EGYÜTTHATÓINAK
MEGHATÁROZÁSA

Dr. Kausay Tibor: BETONOS^eKÖNYV I. kötet

1.6.5. REGRESSZIÓS FÜGGVÉNYEK EGYÜTTHATÓINAK MEGHATÁROZÁSA

Példaként határozzuk meg

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Dr. Kausay Tibor:

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

Magyarországon a szabványosítás a szabványokat is készítő, 1867-1944 között – 1871-ig Magyar Mérnök-Egyesület néven – működött *Magyar Mérnök- és Építészegylet* megalakulását követően vette kezdetét. Az első szabványokat 1868-ban a fiumei vasútépítésnél alkalmazták a sínekre, talpfákra és a vasúti felépítményekre. 1871-ben *Erdey Benedek*²⁹⁴ a vasúti fahidak szabványterveiről írt tanulmányt. Az építőanyagok rendszerbe illő szabványosítását *Ybl Miklós*²⁹⁵ irányításával 1875-ben kezdték el. 1889-ben a tűzoltófecskendők tömlőit és csavarpárjait, 1892-1893 között a vasgerendákat, téglákat, cserépszindelyeket szabványosították. A *MISZ Magyar Ipari Szabványosító Bizottság* 1921-ben önálló szakmai szervezetként *Kandó Kálmán*²⁹⁶ alelnökségével jött létre, és rövid időn belül bekapcsolódott a nemzetközi életbe²⁹⁷. Már 1922-ben külön albizottságot hoztak létre a csavarmenetek szabványosítására, 1923-ban pedig a széngazdasági szabványok kidolgozására. A Magyar Ipari Szabványosító Bizottság anyagi gondok miatt 1931-ben megszűnt.²⁹⁸

A kereskedelmi miniszter rendeletével 1933-ban megalapították a függetlenített *Magyar Szabványügyi Intézetet*. A Magyar Szabványügyi Intézetben kiadott szabványok alkalmazása a közszállításoknál kötelező volt, jelük: MOSz. Elsők között szabványosították például a hengerelt folytácél lemezeket (MOSz 21:1933 és MOSz 23:1933), a keramitkövet (MOSz

²⁹⁴ *Erdey Benedek* az 1870-es években a Magyar Mérnök- és Építészegylet választmányi tagja és könyvtárnoka volt, és 1887-ben rendes tagként tartották nyilván az Erdélyi Magyar Közművelődési Egyesületben (EMKE).

²⁹⁵ *Ybl Miklós* (1814, Székesfehérvár – 1891, Budapest) a XIX. század második felének legnagyobb magyar építész, többek között a főtér és a budapesti Bakáts téri római katolikus templom, a Budai Takarékpénztár, a Bródy Sándor utcai régi Képviselőház (ma Olasz Kultúrintézet), a Festetics-palota, a Károlyi-palota, az egykori Fővám-palota (ma Budapesti Corvinus Egyetem), a Várkert Kioszk és Bazársor, a királyi palota trónterme és krisztinavárosi szárnya, az Operaház és számos vidéki templom, kastély, bérház tervezője és építője.

²⁹⁶ *Kandó Kálmán* (1869, Pest – 1931, Budapest) világhírű magyar gépészmérnök, a Műegyetem tiszteletbeli doktora, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, felsőházi tag, 1924-től a Magyar Mérnöki Kamara elnöke. Tervei alapján épült az első váltakozó áramú nagyvasúti villamosvonal az általa kidolgozott nagyfeszültségű háromfázisú rendszer alapján, ezt követően egyenáramú gyorsvonati mozdonyt épített, majd kifejlesztette a vasútvillamosítási fázisváltós rendszert és megtervezte a nevét viselő villamosmozdonyt stb.

²⁹⁷ Részletek a *Magyar Ipari Szabványosító Bizottság* – a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye LVII. kötet. 1-2. (1923. január 14.) számának 8. oldalán megjelent – közleményéből: „Nemzetközi normálexikon. A svájci szabványosító bizottság egy az ipari szabványosítás terén előforduló szavaknak idegen nyelvekre való lefordításáról és nemzetközi összegyűjtését célzó német tervezetet küldött a Magyar Ipari Szabványosító Bizottsághoz azzal a kéréssel, hogy közölje a tervezetre vonatkozó véleményét... A tervezet egy központi szervet javasol, amely központi szerv az egyes országok szabványosító bizottságai útján összegyűjti az illető ország nyelvén megjelent mindazon cikkeket, amelyekben a szabványosításra vonatkozó szavak és fogalmak nagy számmal szerepelnek... A központ az összegyűjtött különböző nyelvű fordításokat egymás mellé rendezi és idővel egy többnyelvű nemzetközi normálexikonná dolgozza föl. E nemzetközi normálexikonba ez illető szabványosító bizottságok megalakulásának időrendjében, a tervezet szerint a következő nyelvek vétetnek föl: 1. angol, 2. holland, 3. német, 4. francia, 5. svéd, 6. olasz, 7. norvég, 8. magyar... A Magyar Ipari Szabványosító Bizottság tehát már eddigi működésével is magára vonta a külföld figyelmét és olyan eredményre mutathat rá, ami a mai viszonyok között különösen nagy jelentőséggel bír, hogy a művelt nyugati államoknak ebbe a nemzetközi kulturmunkájába az izolált kis Magyarország is meghívást nyert. Szabványosító Bizottságunk válaszában a legnagyobb örömmel jelentette be csatlakozását a javaslatához, hangsúlyozva, hogy ennek a megvalósítására talán minékünk van a legnagyobb szükségünk.”

²⁹⁸ Érdekes, hogy az *Erich Siebel* professzor szerkesztette „Handbuch der Werkstoffprüfung” című kézikönyv 1940-ben megjelent „Prüf- und Meßeinrichtungen” című első kötetének 13. oldalán a fontosabb nemzeti szabványosító intézmények jegyzékében még a „MISZ Magyar Ipari Szabványosító” név szerepel. (*Siebel*, szerk., 1. kötet, 1940.)

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Dr. Kausay Tibor:

37:1933), az ötvöztött acélokat (MOSz 68:1934 és MOSz 69:1934), az építési fehér meszet (MOSz 108:1934), a tömör égetett falitéglát (MOSz 109:1934), a mészhomoktéglát (MOSz 133:1934), a portlandcementet (MOSz 32:1935). A szemcsék vagy porok szemmagyságának ellenőrzését szolgáló sziták fémhuzalszövevei szabványának a száma MOSz 695:1942 volt. A Magyar Szabványügyi Intézet keretében 1941-ben életre hívták az ipari miniszter felügyelete alatt működő *Magyar Szabványügyi Intézet Egyesületet*, amelyet 1945 után feloszlattak, a Magyar Szabványügyi Intézetet vagyonának állami tulajdonba vételével 1948-ban államosították. Az összes 1945 előtt kibocsátott MOSZ szabvány száma mintegy 900 volt (Pónyai, 2010).

A szabványok jele 1945-ban MNOSZ lett. Ebben az időben dolgozták ki a beton és alapanyagai vizsgálatának első szabványát (MNOSZ 934:1949). A Magyar Szabványügyi Intézetből 1951-ben kormányzati hivatalként alapították meg a *Magyar Szabványügyi Hivatalt* (MSZH). Ezekben az években már az MSZH adta ki a természetes kövek vizsgálati módszerének szabványát (MNOSZ 1991:1951), az osztályozott beton adalékanyagok szabványát (MNOSZ 1992:1951), a vasbetonszerkezetek átmeneti érvényű méretezési szabványát (MNOSZ 15022:1951 Á), az utépítési célú osztályozott adalékanyagok szabványát (MNOSZ 14605:1953), a megszilárdult beton vizsgálatának szabványát (MNOSZ 4715:1955). Az 1945 előtti MOSz szabványokat az 1953-1954 években érvénytelenítették, egy részét MNOSZ szabványokkal helyettesítették. 1957-től a szabványok jele már MSZ, példa erre a korabeli kő- téglá-, vasalt téglá- és betonszerkezetek méretezése szabványának (MSZ 15023:1958), vagy a betonszabványnak (MSZ 4719:1958) a jele (2.1. táblázat).

2.1. táblázat: A magyar nemzeti szabványok jele

Évszám	A szabvány jele	A szabvány jelének jelentése
1921-1945	MOSz	Magyar Országos Szabvány
1945-1957	MNOSZ	Magyar Népköztársasági Országos Szabvány
1957-1989	MSZ	Magyar Népköztársasági Országos Szabvány
1989-	MSZ	Magyar Szabvány

1963-ban 48 ágazati szabványközpontot létesítettek, amelyek ágazati szabványokat és műszaki irányelveket készítettek. Az Építésügyi Szabványosítási Központ illetékességében jelent meg például az ÉSZKMI 19:1977 (1977) ágazati műszaki irányelv és annak második része, az ÉSZKMI 19:1977 K (1977).

Műszaki irányelveket és előírásokat az Építésügyi Minisztérium (1949-1967), az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium (1967-1988), majd a Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztérium (1988-1990), valamint az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium (1990-1996) is adott ki. Néhány példa: Az IME-37-59 (1959) ideiglenes műszaki előírás, az IMI 27-63 (1963) ideiglenes műszaki irányelv, az ME-19:1963 (1963), az ME-48-63 (1963), az ME 107-75 (1975) műszaki előírás volt. Később a építésügyi ágazati műszaki irányelvek MI-04 jelet kaptak, mint például az MI-04.137:1978, az MI-04.19:1981, az MI-04.560/1:1981, az MI-04-562:1992 műszaki irányelv is. A műszaki irányelvek a szerződő felek egymás közötti megállapodása esetén voltak irányadók.

A tudományos, műszaki és gazdasági területeken az ipari és kereskedelmi szabványok egységesítésére 1947-ben, Londonban létrehozták az. ISO Nemzetközi Szabványügyi Szervezetet, amelynek egyes szabványait Magyarországon bevezették (honosították). Ilyen volt például az azóta már visszavont MSZ ISO 1920:1990, MSZ ISO 2736-1:1991, MSZ ISO 2736-2:1991, MSZ ISO 4103:1992, MSZ ISO 4109:1993, MSZ ISO 4110:1993, MSZ ISO 4111:1993, MSZ ISO 4848:1992 nemzetközi szabvány is.

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE BETONOS^eKÖNYV I. kötet

Dr. Kausay Tibor:

Az egykori közép- és kelet-európai szocialista országok gazdasági együttműködésére 1949-ben alapított a KGST szervezet (1991-ben Budapesten oszlatták fel) szabványainak nagy részét Magyarországon is bevezették. Példa erre a visszavont MSZ KGST 1565-1974, MSZ KGST 2045:1979 jelű szabvány. Az MSZ szabványok érvényességét a KGST szabványok nem befolyásolták.

A XX. század első felének fontos előírásai közé tartozott a Magyar Mérnök- és Építész Egylet 1932-ben kiadott, a vasbeton szerkezetek tervezésére, építésére és építésük ellenőrzésére vonatkozó Vasbeton Szabályzata. A szabályzat az acéltartós vasbetonfödémek acéltartóira, az idomtestes vasbetonfödémekre és az acélbetétes téglafödémekre is tartalmazott előírásokat.

A közúti hidak, így a közúti betonhidak, vasbetonhidak, feszített vasbetonhidak tervezését, építését, átalakítását, megerősítését, újjáépítését, próbaterhelését a Közúti Hídszabályzat előírásai szerint kellett végezni. A Közúti Hídszabályzatot először 1910-ben közúti hídszabályrendelet néven, majd 1935-ben, 1950-ben és 1967-ben adták ki, és közlekedési, postai és távközlési ágazati szabványként 1966-ban MSZ-07-3201:1967 jelzet alatt, valamint 1979-ben MSZ-07-3201-M:1979 jelzet alatt módosították. Az 1967. évi Közúti Hídszabályzat alkalmazását a 23/1967. KPM számú miniszteri utasítás rendelte el.

Vasúti Hídszabályzatot a MÁV Magyar Államvasutak adott ki először a kereskedelemügyi miniszter 36.666/1907. számú rendeletével 1906-ban vasúti hídszabályrendelet néven, majd a közlekedésügyi miniszter 7680/C/4/1951.-I/10 B. számú rendeletével 1951-ben. Az 1906. évi Vasúti Hídszabályzat, és annak 1926. évi módosítása csupán az acélhidakkal foglalkozott. Az 1951. évben érvénybe lépett Vasúti Hídszabályzatnak már a beton és vasbeton vasúti hidak is tárgyát képezték, és érvénye a MÁV szabványos nyomtávú vonalainak hídjain felül a többi közforgalmú szabványos és keskeny nyomtávú vasút hídjára is kiterjedt.

Az ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat alkalmazását a 16/1970. (VII.23.) ÉVM-KGM-NIM-KPM számú miniszteri együttes rendelet írta elő. Az ÉKSZ kilenc kötetből, és 89 munkanemből állt. Az egyes kötetek egy-egy munkanem csoport előírásait foglalták össze. Az építmények alapozásával a III., az épületszerkezetekkel a IV., a vízépítési szerkezetekkel az V., a közlekedési mélyépítményekkel a VI., a különféle mérnöki szerkezetekkel a VII. kötetben foglalkoztak.

Összegezve: Magyarországon az első szabványokat 1868-ban a fiumei vasútépítésnél alkalmazták a sínekre, talpfákra és a vasúti felépítményekre. Az építőanyagok rendszeres szabványosítását 1875-ben kezdték el, 1892-1893 között a vasgerendákat, téglákat, cserépszindelyeket szabványosították. A vasbeton szerkezetek tervezésére, építésére és építésük ellenőrzésére vonatkozó Vasbeton Szabályzatot 1932-ben adták ki. A portlandcementekkel foglalkozó első szabvány (MOSz 32) 1935-ben, a beton és alapanyagai vizsgálatának első szabványa (MNOSZ 934) 1949-ben jelent meg.

A mai Magyar Szabványügyi Testület elődjének tekinthető függetlenített Magyar Szabványügyi Intézetet 1933-ban alapították meg. Az. ISO Nemzetközi Szabványügyi Szervezetet 1947-ben hozták létre, a CEN Európai Szabványügyi Bizottság 1961-ben alakult meg.

A szabványok alkalmazása lényegében 1933-tól egészen 2001-ig kötelező volt.

Hazánkban a szabványok mellett 1949-től műszaki irányelveket és előírásokat is kiadtak.

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN

Az **AVCP-rendszer(ek)** (Az építési termékek teljesítménye állandóságának értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszer(ek)) MI EZ? A **TÁÉE angol megfelelője**

LÁSD: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2015:171:FULL&from=NL>

Salemnek írt levél 2020. augusztus 29-én:

Az MSZ EN 13877-2:2005 szabvány európai szabvány.

Egy szabvány jellege attól függ, hogy ki hozta létre, ki felelős a tartalmáért, ki felügyeli (módosítás, visszavonás stb.), földrajzilag mekkora a forrásszabvány szószerinti alkalmazásának területe.

Az MSZ EN jelzetű szabványokat a CEN hozta létre, kizárólag a CEN módosíthatja, vonhatja vissza, és alkalmazási területe Európa. Attól, hogy az európai államok bevezetik – kötelesek bevezetni – az EN szabványokat, attól azok európai szabványok maradnak, mert nem kizárólag a szabványt bevezető államban, hanem változtatás nélkül egész Európában érvényesek. Így például a DIN EN 13877-2, az UNE EN 13877-2 is európai szabvány, mert a forrása szó szerint (változtatás nélkül) érvényes nem csak Németországban, Spanyolországban, hanem azon kívül Európában mindenhol.

Hasonló a helyzet az ISO szabványokkal is – bár azokat nem kötelező bevezetni –, például az MSZ ISO 2859-1 vagy DIN ISO 2859-1 is egy és ugyanaz a nemzetközi szabvány, ugyanezekkel az ismérvekkel, csak még tágabb értelemben, mint az európai szabványok.

Merőben más a helyzet a nemzeti, például a magyar szabványok ismérével: Az MSZ szabványt nem európai, hanem nemzeti szervezet hozza létre, az MSZT felelős a tartalmáért, az MSZT módosíthatja, visszavonhatja – szemben az MSZ EN szabványokkal – és alkalmazási területe kizárólag Magyarország.

Ezért európai szabvány az MSZ EN 13877-2:2005 és magyar szabvány az MSZ 4798:2016. Az előbbi tartalmáért a CEN felel, nem magyar szervezet hozta létre, nem kizárólag Magyarországon alkalmazzák, míg a második tartalmáért az MSZT felel, az MSZT hozta létre és kizárólag Magyarországon érvényes.

Ez lényeges különbség, amelyet az „európai szabvány” – „magyar szabvány” fogalmak használatával lehet érzékeltetni.

HOL VAN az a dolgozat, amelyikbe betettem a CEN-székház fényképét és egyebeket???

A magyar szabványok betűjelzete MSZ, az európai (CEN és CELENEC) szabványoké EN, a telekommunikációs szabványoké ETSI ES, a nemzetközi szabványoké ISO, a Magyarországon bevezetett (honosított) szabványoké MSZ EN, MSZ EN ISO, MSZ ISO vagy MSZ ETSI ES. A módosított CEN és ISO szabványokat +A...:évszám, illetve /A...:évszám jellel látják el, ahol az „A” betűjel az angol amendment szó rövidítése. A +A...:évszám jelű szabvány kiadása során a módosítás szövege beépítésre kerül az eredeti szövegbe, és az egész módosított szabvány került újból kiadásra új évszámmal, egyúttal

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

visszavonva a korábbi változatot; míg a /A...:évszám jelölés esetén csak a módosítás szövege kerül külön kiadásra, és így a korábbi szabványt nem vonják vissza. A módosított magyar nemzeti szabványok toldalékjele /...M:évszám, az ilyen szabvány csak a módosításokat tartalmazza, és az alapszabványt nem vonják vissza. Példa erre a betonszabvány MSZ 4798:2016/1M:2017 vagy MSZ 4798:2016/2M:2018 jelű módosítása.

Ismert a CEN/TR (Technical Report) európai műszaki jelentés és a CEN/TS (Technical Specification) európai műszaki specifikáció rendszere is. A módosítási eljárásba vont európai műszaki specifikáció módosítástervezete DD CEN/TS (Draft for Development for Technical Specifications) jelet kap. A módosítási eljárás végén a DD CEN/TS módosítástervezetet a PD CEN/TS (Published Dokument Technical Specifications) bevezetett európai műszaki specifikáció váltja fel, amelynek szövege azonos a PD előtagot vesztett új CEN/TS szövegével. A bevezetett PD CEN/TS európai műszaki specifikáció fejlécében megjelenik a CEN/TS jelzet is.

Az első szabványokat Angliában, a XIX. században alkották meg. Nemzetközi szabványosítási szervezetek 1906. után jöttek létre, ezeket váltotta fel az 1947-ben megalakult, genti központú Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO), amelynek ma 162 tagja van. A döntéshozó bizottságokban minden ISO-tagállam nagyságától függetlenül egy szavazattal rendelkezik, és egy szavazata van a munkabizottságokban a szakértőknek is.

Az európai szabványt elfogadni, kiadni jogosult szervezetek, így az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) 1961-ben, az Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC) 1973-ban, az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI) 1988-ban alakult meg. A CENELEC az elektrotechnikai, az ETSI telekommunikációs szabványosításért felel, míg az összes többi ezek kivételével a CEN feladata. Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) együttműködik a Nemzetközi Szabványügyi Szervezettel (ISO) és a Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottsággal (CELENEC).

A CEN nonprofit társadalmi szervezet, amelyet az EWG és az EFTA tagállamai hoztak létre az európai kereskedelem, a polgári lét és a környezetvédelem elősegítése céljából. Székhelye Brüsszelben van.

A CEN-nek 34 ország szabványügyi szervezete a tagja (zárójelben a tagtestület nevének rövidítése): Ausztria (ASI), Belgium (NBN), Bulgária (BDS), Ciprus (CYS), Csehország (UNMZ), Dánia (DS), Egyesült Királyság (BSI), Észtország (EVS), Finnország (SFS), Franciaország (AFNOR), Görögország (NQIS/ELOT), Hollandia (NEN), Horvátország (HZN), Írország (NSAI), Izland (IST), Lengyelország (PKN), Lettország (LVS), Litvánia (LST), Luxemburg (ILNAS), Macedónia (ISRM), Magyarország (MSZT), Málta (MCCAA), Németország (DIN), Norvégia (SN), Olaszország (UNI), Portugália (IPQ), Románia (ASRO), Spanyolország (UNE), Svájc (SNV), Svédország (SIS), Szerbia (ISS), Szlovákia (UNMS), Szlovénia (SIST), Törökország (TSE); amelyek közül az Egyesült Királyság, Macedónia, Svájc, Szerbia és Törökország nem tagja az Európai Uniónak (CEN-CENELEC 2017).

A CEN társult tagjai: Albánia, Azerbajdzsán, Bosznia-Hercegovina, Egyiptom, Fehéroroszország, Georgia (Grúzia), Izrael, Jordánia, Libanon, Líbia, Marokkó, Moldova, Montenegró, Örményország, Tunézia és Ukrajna; az együttműködő szabványügyi szervezetek pedig: Ausztrália, Kirgizisztán és Mongólia.

A CEN/CELENEC-ben az európai szabványok és javaslatok sorsáról súlyozott szavazással döntenek. A CEN + CENELEC szavazási pontszámok az ország lélekszámával arányosak; a

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

pontszámok összege 412. A 2.2. táblázat, illetve a 3.1. és 3.2 ábra szerint Magyarország 12 pontja $100 \times 12 / 412 = 2,91$ százaléknak felel meg.

A kidolgozott európai szabványt vagy javaslatot akkor fogadják el, ha:

- több ország szavaz mellette, mint ellene;
- a súlyozott szavazatok legalább 71 százaléka igenlő.

A szavazástól való tartózkodás nem számít szavazatnak.

A szabványos előírások Magyarországon már 1868-tól megjelentek. Az építőanyagok szabványosítását 1875-ben kezdték el *Ybl Miklós* irányításával (Magyar Mérnök- és Építészegylet). 1921-ben, a világon a legelső között alakult meg a magyar szabványosítás első hivatalos szervezete, a Magyar Ipari Szabványosító Bizottság, amelynek alelnöki tisztségét *Kandó Kálmán* töltötte be. 1933-tól kezdett el működni a Magyar Szabványügyi Intézet, amelyet 1941-ben átszerveztek és életre hívták az iparügyi miniszter felügyelete alatt működő Magyar Szabványügyi Intézet Egyesületet. Ez utóbbit 1948-ban feloszlatták, a keretében működő Magyar Szabványügyi Intézetet pedig államosították, ezzel a szabványosítást az állam közvetlen irányítása alá helyezték. A szabványosítás átalakításának befejezéseként 1951-ben létrehozták a Magyar Szabványügyi Hivatalt, amely az államigazgatás részévé vált. A magyar állami szabványosítás 1994-ig két, országos és ágazati szinten működött, és a jogszabályokhoz hasonlóan – az ajánlott szabványok kivételével – a szabványok betartása is kötelező volt (<http://www.mszt.hu/web/guest/a-szabvanyositas-tortenete>).

A szabványrendszer addigi többszintűségét a 42/1994 (III.25.) kormányrendelet szüntette meg azzal, hogy a 6. § előírta „az egyszintű nemzeti szabványosítás²⁹⁹ bevezetésével kapcsolatos feladatok”-at, és az országos és ágazati szabványokat a nemzeti szabványok váltották fel. A kormányrendelet a szabványok alkalmazását önkéntessé tette, és úgy rendelkezett, hogy jogszabály kizárólag nemzeti szabványt nyilváníthat egészben vagy részben kötelezően alkalmazandónak, de a kötelezettség alól felmentés adható.

A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény hatályba lépésével az állami Magyar Szabványügyi Hivatal független, önálló köztestületté alakult át, és felvette a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) nevet, megerősítették a szabványok önkéntességét és az állami országos és ágazati szabványokat felváltó a nemzeti szabványok fogalmát. Az 1995. évi XXVIII. törvény intézkedett az európai szabványok közzétételének módjáról is.

²⁹⁹ Az egyszintű nemzeti szabványosítás nem jelent egyszintű nemzeti minőségügyi és eljárásbeli szabályozást, hiszen vannak magyar útügyi műszaki előírások (UME) és magyar építésügyi műszaki irányelvek (ÉPMI) is.

Tulajdonképpen a CEN szabványosítási rendszere sem egyszintű, az EN szabványok mellett léteznek például európai műszaki jelentések (CEN/TR) és európai műszaki specifikációk (CEN/TS), valamint prEN és FprEN szabványtervezetek is:

- A CEN/TR és a CEN/TS szabványnak nem minősülő európai műszaki dokumentumoknak a nemzeti bevezetése nem automatikus, azt az MSZT csak külön érdeklődés esetén és díjazás ellenében vállalja.
- A prEN európai szabványtervezeteket és az FprEN végső európai szabványtervezeteket egyik tagállamban sem, így nálunk sem vezetik be, de az MSZT-n keresztül megvásárolhatók.
- A CEN/TR, CEN/TS, prEN és FprEN európai dokumentumok nem elfogadott szabványok, rájuk európai szabványként hivatkozni nem szabad, és tárgyük bejelentés nélkül változhat.

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

A gazdasági miniszter a 43/2001. (XII.30.) GM rendelettel helyezte hatályon kívül a hatáskörét érintő nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (IX:8.) IKM és az azt módosító miniszteri rendeleteket.

A szabványok alkalmazásának önkéntessége nem szükségtelenséget, hanem azt jelenti, hogy a szerződő felek az alkalmazandó szabványokban vagy attól eltérő feltételekben maguk állapodhatnak meg. A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény 6. §-a (figyelembe véve a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény és a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról szóló 2001. évi CXII. törvény 4. § (1) szakaszát) módosított szövege rögzíti, hogy egyrészt a nemzeti szabványok alkalmazása önkéntes, másrészt műszaki tartalmú jogszabály hivatkozhat olyan nemzeti szabványra, amelynek alkalmazásával az adott jogszabály vonatkozó követelményei is teljesülnek. Tehát a szabványok alkalmazása alapvetően önkéntes, amennyiben viszont a jogszabály által előírt szabványt nem alkalmazzuk, úgy a jogszabály sem érvényesül, így tehát mégis szükséges a szabvány alkalmazása, mely összhangban van a vonatkozó jogszabály előírásaival. Természetesen az adott szabványtól eltérő módon is biztosítható az adott műszaki követelmény teljesülése, ebben az esetben azonban a gyártónak, vagy a kivitelezőnek igazolnia kell, hogy az általa alkalmazott műszaki megoldás legalább azonos szintű biztonságot és minőséget eredményez, mint amelyet az adott szabvány megkövetel.

2.2. táblázat: A CEN/CENELECTagállamok szavazási pontszámai a lélekszám arányában, a szabványosítási folyamatban (CEN-CENELEC2017)

CEN tagállam	Lélekszám millió	Lélekszám aránya,%	Szavazatok száma	Szavazatok aránya,%
	2014. évi adat			
Németország (DIN)	80,970	13,35	29	7,04
Törökország (TSE)	75,932	12,52	29	7,04
Franciaország (AFNOR)	66,217	10,91	29	7,04
Egyesült Királyság (BSI)	64,559	10,64	29	7,04
Olaszország (UNI)	60,789	10,02	29	7,04
Spanyolország (UNE)	46,476	7,66	27	6,55
Lengyelország (PKN)	38,011	6,27	27	6,55
Románia (ASRO)	19,904	3,28	14	3,40
Hollandia (NEN)	16,865	2,78	13	3,16
Belgium (NBN),	11,231	1,85	12	2,91
Görögország (NQIS/ELOT)	10,869	1,79	12	2,91
Csehország (UNMZ)	10,525	1,73	12	2,91
Portugália (IPQ)	10,401	1,71	12	2,91
Magyarország (MSZT)	9,863	1,63	12	2,91
Svédország (SIS)	9,696	1,60	10	2,43
Ausztria (ASI)	8,545	1,41	10	2,43
Svájc (SNV)	8,188	1,35	10	2,43
Bulgária (BDS)	7,223	1,19	10	2,43
Szerbia (ISS)	7,098	1,17	7	1,70
Dánia (DS)	5,638	0,93	7	1,70
Finnország (SFS)	5,461	0,90	7	1,70
Szlovákia (UNMS)	5,418	0,89	7	1,70
Norvégia (SN)	5,136	0,85	7	1,70

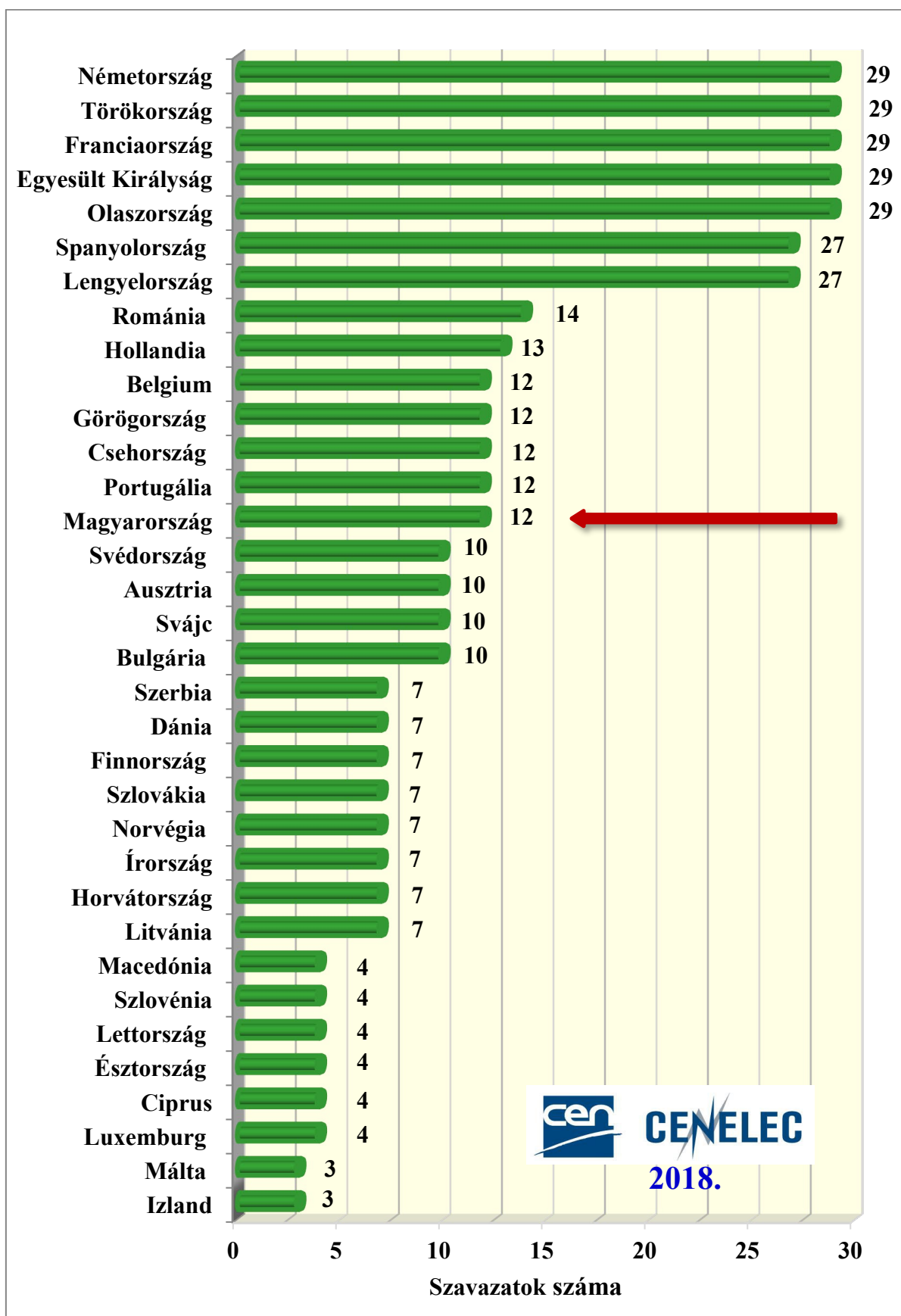
2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

Írország (NSAI)	4,615	0,76	7	1,70
Horvátország (HZN)	4,238	0,70	7	1,70
Litvánia (LST)	2,932	0,48	7	1,70
Macedónia (ISRM)	2,075	0,34	4	0,97
Szlovénia (SIST)	2,061	0,34	4	0,97
Lettország (LVS)	1,993	0,33	4	0,97
Észtország (EVS)	1,314	0,22	4	0,97
Ciprus (CYS)	1,153	0,19	4	0,97
Luxemburg (ILNAS)	0,556	0,09	4	0,97
Málta (MCCAA)	0,427	0,07	3	0,73
Izland (IST)	0,327	0,05	3	0,73
Összesen	606,706	100,00	412	100,00

2. SZABVÁNYOKRÓL

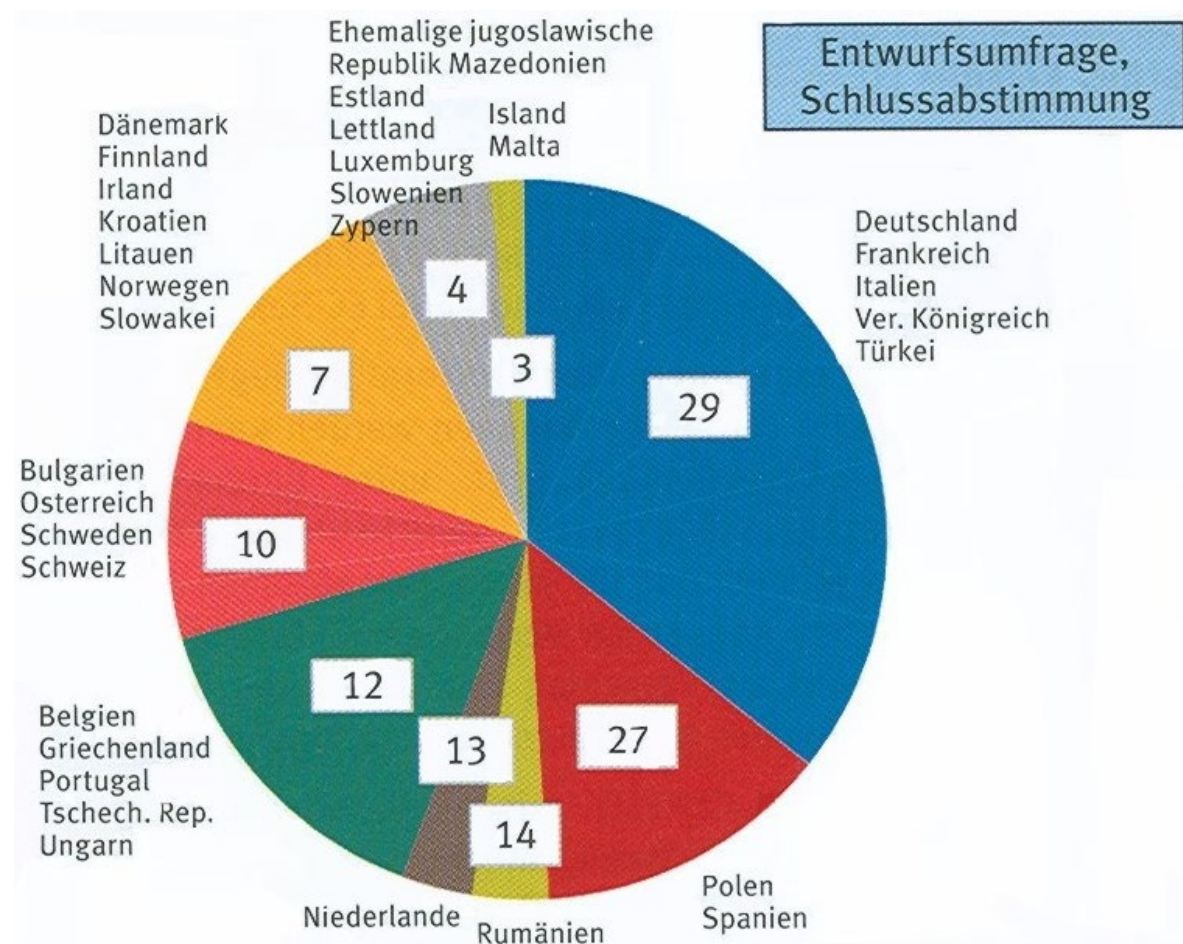
2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV
I. kötet



2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

2.1. ábra: CEN/CENELECTagállamok szavazási pontszámai a szabványosítási folyamatban oszlopdigrammban ábrázolva



2.2. ábra: CEN/CENELECTagállamok szavazási pontszámai a szabványosítási folyamatban kördiagramban ábrázolva (Hartlieb et al., 2016)

Ugyanakkor vannak szabványok, amelyekre jogszabály hivatkozik. Ezeknek a szabványoknak a követése javallt, sőt egyes esetekben akár kötelező is lehet bizonyos, például a biztonságra vagy az interoperabilitásra vonatkozó követelményeket meghatározó jogszabályoknak való megfelelés érdekében.

Az európai szabványok hazai bevezetésének története 1991-re nyúlik vissza, amikor is Magyarország a teljes jogú CEN tagság elnyerése érdekében elkezdte az EN európai szabványok bevezetését. A teljes jogú CEN tagság elnyerésének feltétele az volt, hogy Magyarország az EN szabványok 80%-át bevezesse. Ez a feltétel 2002. végére teljesült, így Magyarország szabványügyi szervezete, az MSZT 2003. január 1. óta a CEN, CENELEC és ETSI teljes jogú tagja (2.3. ábra). Ez a tagság az MSZT-t arra kötelezi, hogy az európai szabványokat a megjelenést követő hat hónapon belül változatlan tartalommal honosítsa (bevezesse), és az azonos tárgyú, nemzeti szabványokat visszavonja. 2004 nyara a régi magyar beton, cement, adalékanyag, kiegészítőanyag, adalékszer stb. termék- és vizsgálati szabványok tömeges visszavonásának az időszaka volt. A visszavont magyar betonos termék és vizsgálati szabványok helyét a honosított új európai szabványok, esetleg nemzeti kiegészítéssel bővített,

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

honosított új európai szabványok, vagy például a transzportbeton szabvány esetén alkalmazási dokumentumnak (NAD) nevezett magyar nemzeti szabvány foglalta el. Érvényben vannak olyan magyar szabványok is, amelyeket nem vontak vissza, vagy amelyek újak, mert nincsenek európai megfelelőik, továbbá – a többszintű szabványosítás rendeleti megszűnte mellett – magyar műszaki előírások (UME) és építőipari műszaki irányelvek (ÉPMI) is.



2.3. ábra: A Magyar Szabványügyi Testület tagsága nemzetközi szervezetekben, a teljes jogú tagság kezdetének évszámával (<http://www.mszt.hu/web>)

A tömeges és gépies szabvány-visszavonásnak nem egy értékes magyar nemzeti szabvány, illetve szabvány fejezet is áldozatul esett, de a visszavont nemzeti szabvány irodalomként vagy szerződéses megegyezés esetén akár teljesítési feltételként is használható.

Németországban az 1970-es és 2000-es évek között kiadott, és 2013 előtt visszavont, több mint 40 évnyi mintegy ezer szabványt külön DVD-n megjelentették (Technische Baubestimmungen. Historische Baunormen 2017)

A ma érvényes betonos szabványok kapcsolatrendszerét a 2.4. ábrában tüntettük fel. A rangsor (hierarchia) csúcsán a nemzeti építési törvények és rendeletek állnak, ezek alatt az Eurocode tervezési szabványok helyezkednek el, a következő lépcsőfokot a beton minőségi követelményeit, tulajdonságait, készítésének és megfelelőségének műszaki feltételeit, és mindezekre vonatkozó magyar nemzeti előírásokat és ajánlásokat tartalmazó betonszabvány áll, ezt követik a termékszabványok, végül a vizsgálati szabványok zárják a sort. A 2.4. ábra közvetlen háttérét az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány 1. ábrája adja, de lényegében ez kapcsolatrendszer látható az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabvány 1. ábráján is.

A harmonizált szabvány az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének (CPR) – amely a 89/106/EGK és az azt módosító 93/68/EGK tanácsi irányelvet váltotta fel – 17. cikke szerint az építési termék „alapvető jellemzők” (korábban „lényeges jellemzők”-nek nevezték) szerinti minőségének (teljesítményének) értékelésére szolgáló módszereket és

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

feltételeket határozza meg.

A 305/2011/EU számú rendelet szerint az „alapvető jellemzők”: az építési termék azon jellemzői, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függenek össze. Az „alapkövetelmények” („alapvető követelmények”) az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletében szereplő fogalom, amely az építményekre vonatkozik, és a szabványosítási megbízások és a harmonizált műszaki előírások kidolgozásának képezi az alapját. Az építményekre vonatkozó „alapvető” követelmények a 305/2011/EU számú rendelet I melléklete szerint a következők:

1. Mechanikai szilárdság és állékonyság

Az építményeket úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy a megvalósítás és a használat során várhatóan fellépő terhek ne eredményezzék a következő jelenségek egyikét sem:

- a) az egész építménynek vagy az építmény egy részének összeomlása;
- b) megengedhetetlen mértékű, jelentős deformáció;
- c) az építmény más részeinek, illetve szerelvényeinek vagy beépített berendezéseinek károsodása az épület teherhordó
- d) szerkezetének jelentős deformációja miatt;
- e) a kiváltó okhoz képest túlzott mértékű károsodás.

2. Tűzbiztonság

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy tűz esetén:

- a) a szerkezet megőrizze teherhordóképességét egy meghatározott ideig;
- b) az építményben a tűz és füst keletkezése és terjedése csak korlátozottan legyen lehetséges;
- c) a tűz szomszédos építményekre való áttérése csak korlátozottan legyen lehetséges;
- d) az építményben lévők el tudják hagyni az építményt, vagy kimentésük más módon biztosított legyen;
- e) figyelembe vegyék a mentőegységek biztonságát.

3. Higiénia, egészség és környezetvédelem

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy életciklusuk alatt higiéniai, egészségi és biztonsági szempontból ne jelentsenek veszélyt sem az azt építők, sem a lakókra, sem a szomszédokra, és építésük, használatuk és lebontásuk közben teljes életciklusuk alatt ne gyakoroljanak túlzott hatást sem a környezet minőségére, sem az éghajlatra különösen a következők által:

- a) mérgező gázok kibocsátása;
- b) veszélyes anyagok, illékony szerves vegyületek, üvegházhatást okozó gázok vagy veszélyes részecskék kibocsátása beltéri vagy kültéri levegőbe;
- c) veszélyes sugárzás kibocsátása;
- d) veszélyes anyagok kibocsátása talaj- vagy tengervízbe, felszíni vizekbe vagy a talajba;
- e) az ivóvízre más módon káros hatású veszélyes anyag vagy anyagok ivóvízbe történő kibocsátása;
- f) nem szakszerű szennyvízelvezetés, füstgáz-kibocsátás, a szilárd vagy folyékony hulladék nem szakszerű ártalmatlanítása;
- g) nedvesedés az építmények egyes részeiben vagy az építmények belső felületein.

4. Biztonságos használat és akadálymentesség

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS³⁰⁰KÖNYV I. kötet

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy használatuk vagy üzemelésük során ne álljon fenn elfogadhatatlan baleset, illetve kár kockázata, mint például megcsúszás, lezuhanás, ütközés, égés, áramütés, robbanás miatti sérülések és betörések. Az építmények tervezésénél és kivitelezésénél figyelembe kell venni a fogyatékkal élő személyek általi használatot, és biztosítani kell az akadálymentességet.

5. Zajvédelem

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy az azt használó vagy a közelben tartózkodó személyek által észlelt zajszint ne legyen káros hatással egészségükre, és lehetővé tegye számukra a megfelelő körülmények közötti alvást, pihenést, valamint munkavégzést.

6. Energiatakarékosság és hővédelem

Az építményeket, valamint fűtő-, hűtő-, világító- és szellőzőberendezéseiket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy a használatukhoz szükséges energia mennyisége a létesítmény használóinak hőigényéhez és a helyszín éghajlati adottságaihoz mérten alacsony maradjon. Az építményeknek energiahatékonyaknak is kell lenniük; felépítésük és szétszerelésük során a lehető legkevesebb energiát szabad csak felhasználniuk.

7. A természeti erőforrások fenntartható használata

Az építményeket úgy kell megtervezni, kivitelezni és lebontani, hogy biztosított legyen a természeti erőforrások fenntartható használata, és biztosítva legyenek különösen a következők:

- a) az építmények, a felhasznált anyagok és részek bontás után újrafelhasználhatók vagy újrahasznosíthatók;
- b) az építmények tartósak;
- c) az építményekben környezetbarát nyersanyagokat és másodlagos nyersanyagokat használnak.

Az építményeknek mind egészükben, mind különálló részeikben meg kell felelniük a rendeltetés szerinti használhatóság feltételeinek, kiemelten figyelembe véve az építmények teljes életciklusa (tervezési élettartama) során érintett személyek egészségét és biztonságát. Az építményeknek a szokásos karbantartás mellett gazdaságilag ésszerű élettartamon át teljesíteniük kell ezeket az építményekre vonatkozó alapvető követelményeket.

A betonösszetevők európai termékszabványai – a keverővíz szabványának kivételével –, tehát a kereskedelmi áruforgalomba kerülő betonösszetevők termékszabványai, úgy nevezett „harmonizált” termékszabványok (2.5. *ábra*).

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 ³⁰⁰ bevezetett (honosított) európai betonszabvány és ebből kifolyólag a háromszor módosított MSZ 4798:2016 magyar betonszabvány nem harmonizált

³⁰⁰ A szabvány jelzetében az „A” betűjel az angol „amendment” szó rövidítése, amelyet + jel (ha a szabvány az eredeti szöveget és a módosításokat is tartalmazza) vagy / vonal (ha a módosítás önállóan, az eredeti szöveg nélkül jelenik meg, például MSZ EN 1992-1-1:2004/A1:2016) után az európai, illetve a honosított európai szabvány módosítása során alkalmaznak. A módosult tisztán magyar szabványt „M” betűvel jelölik.

2. SZABVÁNYOKRÓL

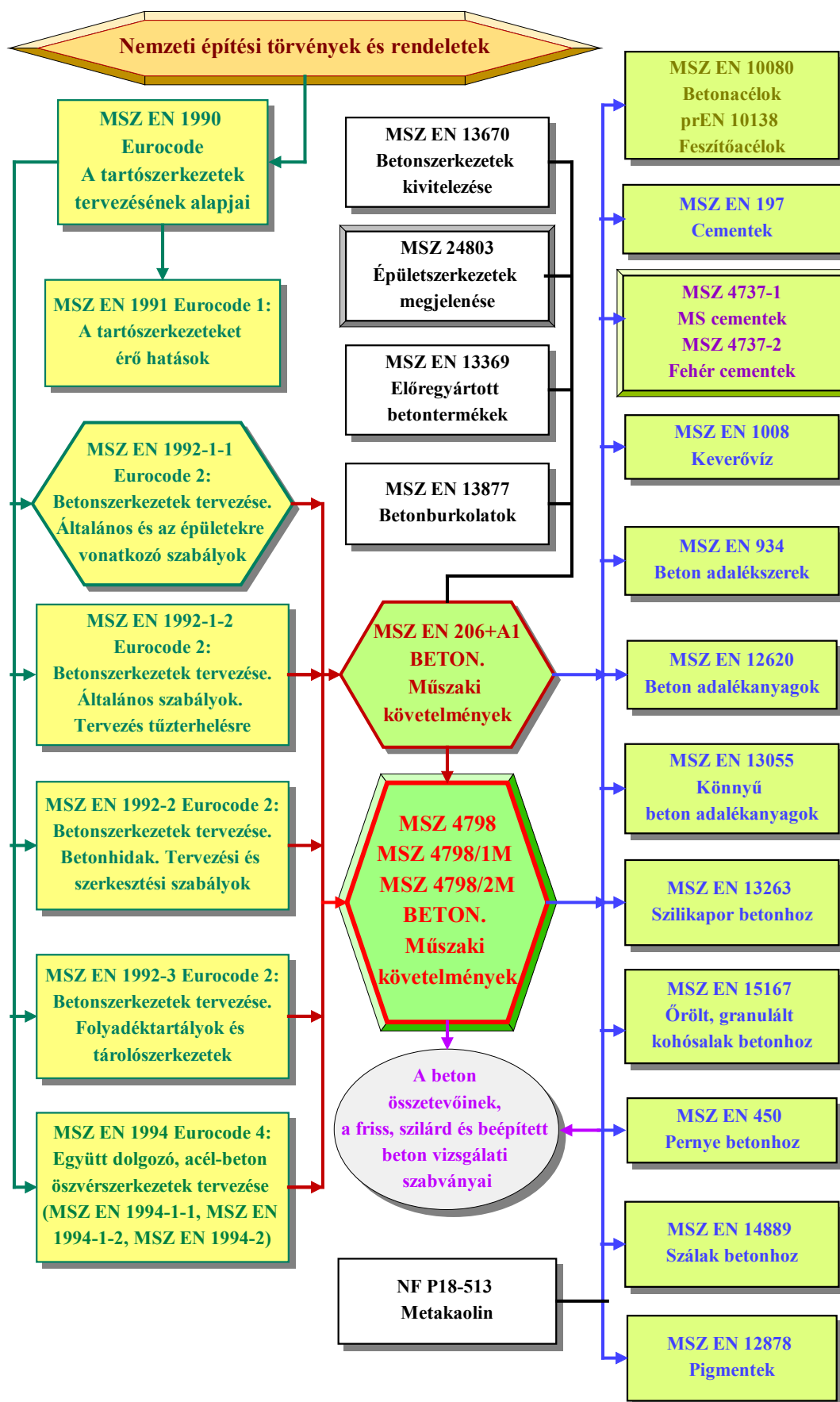
2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

(2.5. ábra), mert e szabványok érvénye nemcsak a transzportbetonra, hanem az építéshelyen készített betonra és a betonelemgyárban kevert betonra is kiterjed. A betonelemgyártási célra készített betont és az építéshelyen helyszíni beépítés vagy előregyártás céljából készített betont nem hozzák piaci áruforgalomba, ezért nem tekintjük piaci terméknek. Ennél fogva az európai betonszabvány sajátosságai egyediak, az európai termékszabványokétól több vonatkozásban is eltérnek.

Ha – az Európai Parlament és Tanács 768/2008/EK számú határozata és az azt kiegészítő 765/2008/EK számú rendelete alapján – forgalomba hozni kívánt termékre harmonizált termékszabvány nem vonatkozik, akkor valamelyik európai műszaki értékelést végző szervtől (TAB) kérni lehet az európai műszaki értékelési dokumentum (EAD) elkészítését, az európai műszaki értékelés (ETA) kiadását, valamint a CE-jelölés megítélését a 89/106/EGK irányelv által bevezetett európai műszaki engedélyre vonatkozó iránymutatások alapján. A műszaki értékelést végző szervek európai szervezete a termék CE-jelöléssel történő ellátását követően elektronikus formában hozzáférhetővé teszi az európai értékelési dokumentumot (<https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/>).

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet



2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

2.4. ábra: A beton tárgyú szabványok kapcsolatrendszere

Európai műszaki értékelést akkor adnak ki, ha

- a termék nem képezi egyik meglévő harmonizált szabvány tárgyát sem;
- a harmonizált szabványban meghatározott értékelési módszer a termék legalább egy alapvető jellemzője tekintetében nem megfelelő; vagy
- a harmonizált szabvány a termék legalább egy alapvető jellemzője tekintetében nem ír elő értékelési módszert (305/2011/EU számú rendelet).

Európai műszaki értékelés igénylése az EN 206 szabvány érvénye alá tartozó különböző betonokra vagy betontermékekre lehetséges, de összességében az EN 206 szabványra nem, és ebből kifolyólag az MSZ 4798:2016 betonszabvány és módosításai háttérben sem áll műszaki értékelési dokumentum. Hazánkban a 275/2013 (VII.16.) kormányrendelet azon termékek betervezésére és beépítésére is vonatkozik, amelyek harmonizált szabvánnyal vagy európai műszaki értékeléssel nem rendelkeznek.

A 275/2013 (VII.16.) Korm. rendeletben az építési termékek építménybe történő betervezésének és beépítésének feltételeit határozzák meg, míg a 305/2011/EU számú európai parlamenti és tanácsi rendeletben az építési termékek forgalmazásáról, forgalomba hozataláról rendelkeznek. A kormányrendeletben a „teljesítmény” igazolásának szabályozása során hivatkoznak a 305/2011/EU számú európai rendeletre.

Harmonizált szabvány csak termékszabvány lehet. A harmonizált termékszabvány a szabvány szerves részét képező, az „alapvető” („lényeges”) követelményekkel való kapcsolatot tárgyaló ZA mellékletéről ismerhető fel, amely a szóban forgó termékszabványnak azokat az előírásait tartalmazza, amelyek az európai direktívák alapvető követelményeinek vagy egyéb rendelkezéseinek megfelelnek. Honosított európai termékszabvány és annak nemzeti alkalmazási feltétele (dokumentuma) csak akkor lehet harmonizált, ha az európai forrás szabvány harmonizált.

A harmonizált szabvány szerinti és az európai műszaki értékeléssel rendelkező termékek **megfelelő eljárást követően a CE-jellel megjelölhetők (2.6. ábra)**. Más európai országba és CEN tagállamba terméket exportálni és ott forgalomba hozni csak CE-jelölés (harmonizált szabvány esetén) vagy EAD (amennyiben nincsen harmonizált szabvány) megléte esetén lehetséges. A CE-jelöléssel ellátott építési termékek forgalomba hozatalát minden országnak meg kell engednie a saját piacán, tehát a CE-jelölést szabályosan viselő termék forgalmazását az EU tagországokban megtiltani, megakadályozni, korlátozni nem szabad. A terméken elhelyezett CE-jelölés azt jelenti, hogy a forgalomba hozott termék tulajdonságai megegyeznek a nyilatkozatban lévővel, és a gyártó a terméket a vonatkozó európai műszaki követelményeknek megfelelően állította elő (765/2008/EK rendelet).

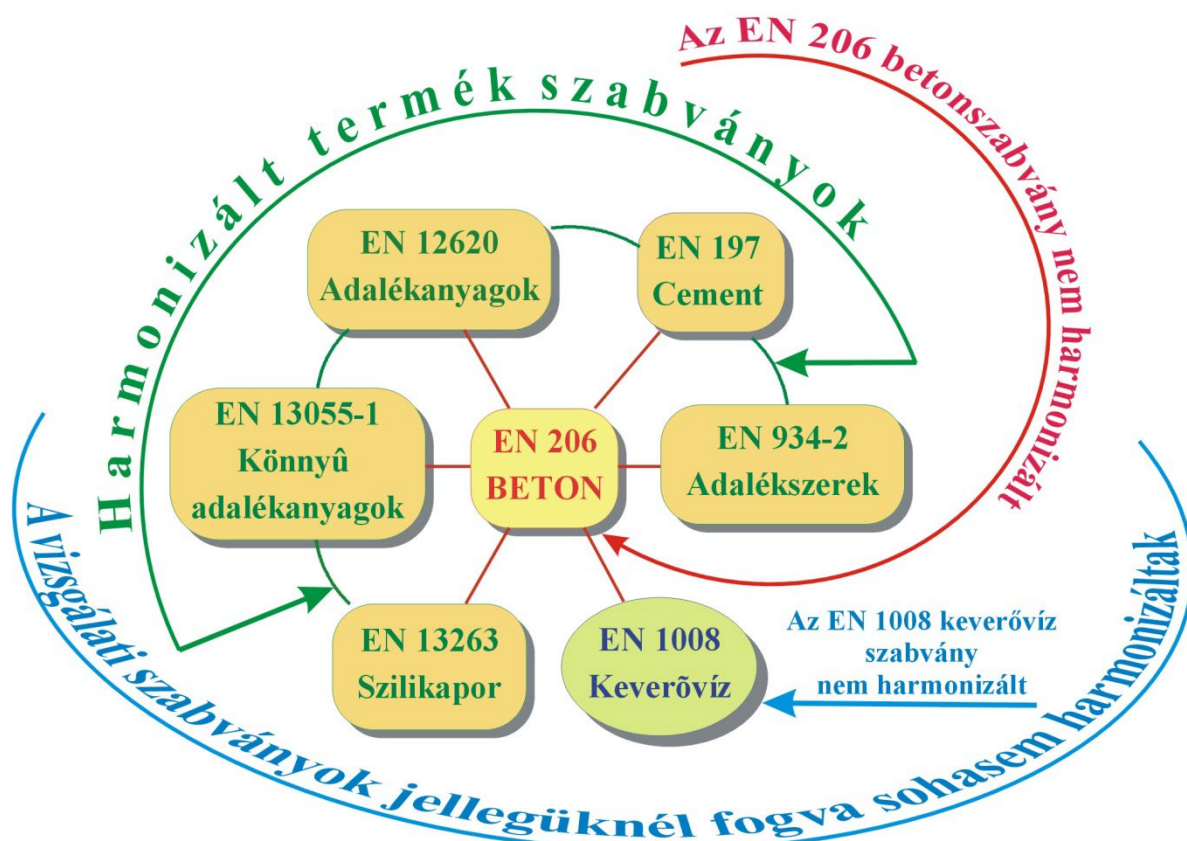
Az újabban bevezetett – nem csak harmonizált – európai szabványok (például MSZ EN 933-1:2012, MSZ EN 12504-2:2013, **MSZ EN 206:2013+A1:2017 és a +A2:2021?**) első oldalán a következő figyelmeztetés olvasható: „Az európai műszaki tartalmú jogszabályhoz harmonizált szabvány ajánlást ad a jogszabály alapvető követelményeinek való megfelelésre. Az előzőekben leírtakkal összhangban a harmonizált szabvány alkalmazása esetén el kell fogadni, hogy az alkalmazó eleget tett az európai jogszabály, illetve annak megfelelő magyar jogszabály azon követelményeinek, amelyekre a szabvány vonatkozik. Mivel a szabványok harmonizáltsága időben változhat, a szabvány alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy alkalmazásának időpontjában harmonizáltak minősül-e.”

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

Minthogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és a háromszor módosított MSZ 4798:2016 betonszabvány nem harmonizált, következik, hogy ezek a szabványok úgy nevezett ZA mellékletet nem tartalmaznak, és a beton európai műszaki értékeléssel sem rendelkezik. E szabványok szerinti friss vagy megszilárdult betont, mint terméket CE-jellel ellátni nem szabad. Természetesen a beton a 305/2011/EU számú rendelet szerinti alapvető követelményeknek megfelelő építményekbe ennek ellenére beépíthető.

Hazai jogszabály a termék betervezhetőségét és beépíthetőségét nem köti harmonizált termékszabvány vagy európai műszaki értékelés meglétéhez. A 275/2013. (VII.16.) Korm. rendelet 10. §-a szerint „az Európai Unió valamely tagállamában vagy Törökországban az adott ország előírásaival összhangban készített, illetve forgalomba hozott, vagy az Európai Gazdasági Térségről szóló megállapodásban részes valamely EFTA-államban az adott ország előírásaival összhangban készített építési termékek az építményekbe betervezhetők és beépíthetők, feltéve, hogy ezek az építési termékek az e rendelet által előírttal egyenértékű szintű védelmet biztosítanak az élet- és egészségvédelem, a biztonság és az adott célra való alkalmasság tekintetében.”



2.5. ábra: Néhány harmonizált és nem harmonizált európai beton termékszabvány

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet



2.6. ábra: CE-jel a harmonizált termékszabvánnyal szabályozott vagy európai műszaki értékeléssel rendelkező építési termékek – 305/2011/EU számú rendelet szerinti – megfelelőségét jelölő szimbólum a 765/2008/EK rendelet II. melléklete szerint (<http://ec.europa.eu/enterprise/faq/ce-mark.htm>)

A CE-jelölés szabályai 2013. július 1-jén megváltoztak, ezért az MSZT az Európai Bizottság „CE Marketing of construction products step by step” című anyaga alapján 2015-ben kiadványt készített az építési termékek CE-jelölésének alkalmazásáról. A kiadvány arról ad útmutatást, hogy új építési termék CE-jelölése esetében a gyártónak milyen lépéseket kell tennie, és mit kell tennie, ha a terméke – annak gyártási folyamata, a felhasznált alapanyagok, az alkalmazott vizsgálati módszerek – megváltozik, és ezért felül kell vizsgálnia az előírt dokumentumokat.

Az európai szabványosításba a magyar nemzeti szabványosító műszaki bizottságokon (MSZT/MB) keresztül lehet bekapcsolódni, akár

- előzetes, név szerinti bejelentés után a CEN és a CENELEC bármely műszaki bizottságának (Technical Committee) és albizottságának (Sub Committee) a munkájába való személyes részvétellel;
- a magyar nemzeti szabványosító (tükör) műszaki bizottság (MSZT/MB) tagjaként észrevételezéssel és szavazással;
- a már érvényes európai szabványhoz *nemzeti kiegészítés* készítésével.

A beton és az előregyártott betonelemek a „Beton és előregyártott beton termékek” nevű, MSZT/MB 107. számú magyar nemzeti szabványosító műszaki bizottság illetékességébe tartoznak.

A gyakorlatban az európai szabvány *nemzeti kiegészítésének* formailag háromféle változata terjedt el:

- 1) A **NAD** (*nemzeti alkalmazási dokumentum*) a kiegészítő nemzeti (nem iparági) szabályozás egyik lehetősége. Ez akkor alkalmazható, ha az európai szabvány szövege erre módot ad. A NAD önálló magyar MSZ jelű nemzeti szabvány, önálló füzetbe kötik (ilyen például az MSZ 4798:2016 szabvány). Létrejöttét az Európai Bizottságnak be kell jelenteni (notifikációs eljárás, notifikálás = hivatalos értesítés, közlés), ahol tudomásulvételéről szavaznak, és a CEN-tagok megvizsgálhatják, hogy azok nem minősülnek-e kereskedelmet akadályozó szabályozásnak. Ha a bejelentett NAD iránt van európai érdeklődés, akár CEN szabvány is lehet belőle.
- 2) A hazai szempontok érvényesítésének másik lehetősége a **nemzeti melléklet** készítése, amely akkor csatolható az európai szabványhoz, ha az európai szabvány az előszavában utal a szükségességére. A nemzeti melléklet az európai szabvánnyal egybekötve, annak végén jelenik meg, nincs külön nemzeti jele (ilyen például az MSZ EN 1991-1-2:2005 szabvány). Az Európai Bizottságnak ezt is a tudtára kell adni (notifikálás).
- 3) Harmadik lehetőség, amikor a nemzeti melléklet az európai szabványhoz tartozó **előszabványként** jelenik meg. Jele: MSZE. Az MSZE előszabványt – fentiekkel ellentétben – nem kell a CEN-nek bejelenteni. Ha az európai szabványt jóváhagyó közleménnyel angol

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

nyelven adják ki, akkor a magyar előszabványt külön, önálló füzetbe kötik. Ha az európai szabványt magyar nyelvre fordítva jelentetik meg, akkor az előszabványt az európai szabvánnyal egybekötve, annak végén szerepeltetik. A nemzeti előszabvány száma az európai szabvány száma elé írt 2-sel kezdődik. Például az MSZ EN 1992-1-2:2005 európai szabvány 2013. március 1-jén visszavont nemzeti előszabványa az MSZ EN 1992-1-2:2008 jelzetet viselte.

Megjegyzendő, hogy vannak magyar nemzeti előszabványok is, mint például az előregyártott beton csatornázási aknaelemek MSZ EN 15612:2014 jelzetű előszabványa; és nem minden MSZ EN 2...-vel kezdődő előszabvány nemzeti kiegészítése valamely CEN-szabványnak, hanem önálló nemzeti előszabvány, mint például a hulladékok kémiai oxigénigényének meghatározásával foglalkozó MSZ EN 12420-15:2005 előszabvány.

Nemzeti kiegészítés kiadására az illetékes MSZ/MB műszaki bizottság javaslattétele után *kizárólag a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) jogosult. Műszaki előírás* nem töltheti be az európai szabvány nemzeti kiegészítésének szerepét, mert a fenti három feltétel egyikét sem teljesíti, és a szabályozás más, alacsonyabb szintjét képviseli.

Új, teljesen önálló (nem nemzeti kiegészítés) magyar nemzeti szabvány (MSZ) kiadására a Magyar Szabványügyi Testületnél akkor van – előzetes CEN bejelentési kötelezettség és a tagországok szavazási eredményének figyelembevétele mellett – lehetőség, ha teljesen vagy közel azonos tárgyú európai szabvány nincs érvényben, vagy ilyen kidolgozása nincs folyamatban. Az új, teljesen önálló nemzeti szabvány érvénye addig tartható fenn, amíg a témakörben azt teljes egészében kiváltó európai szabvány meg nem jelenik. Ilyen például a szulfátálló cementek nemzeti szabványa (MSZ EN 4737-1:2013).

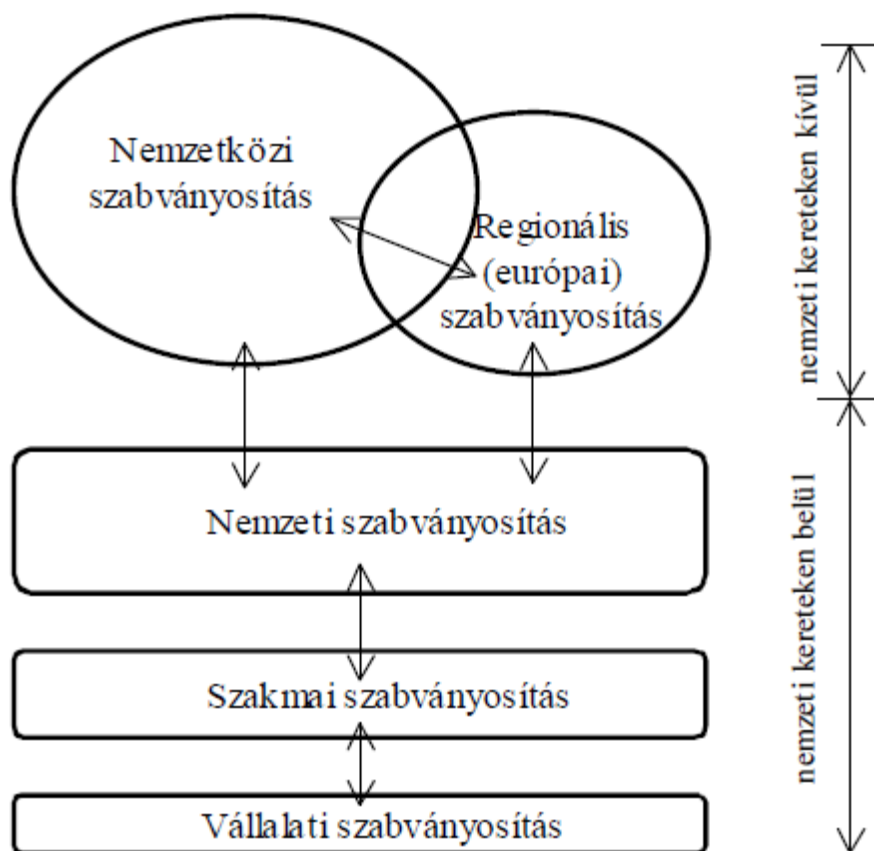
A CEN álláspontja, hogy a nemzeti kiegészítések – az egységes európai piac alapelveinek megfelelően – általában nem tartalmazhatnak az európai szabványhoz képest párhuzamos, ellentmondó, ismétlődő szövegrészeket, kevesebb vagy több, enyhébb vagy szigorúbb követelményt. Ez az elv az egységes európai piac szempontjait a nemzeti műszaki, tartóssági, biztonsági szempontok elé helyezi. Az MSZ EN 4798:2016, illetve MSZ EN 4798:2016/2M:2018 magyar nemzeti alkalmazási dokumentum esetén jogszerű lehetőség volt az MSZ EN 206:2013+A2:2021 európai betonszabványtól való eltérésre – mint ahogy ennek lehetőségét számos ország nemzeti alkalmazási dokumentuma is bizonyítja (például: DIN EN 1045-2:2008, ÖNORM B 4710-1:2018, NF EN 206-1/NF P18-325-1:2009) –, akár módszereinek, akár követelményeinek lazítása vagy szigorítása tekintetében is.

Számos európai országban vannak régebbi és új kiadású műszaki előírások, műszaki irányelvek. Ezek érvénye belföldi, a termékekre vonatkozóak nem harmonizáltak. Létrejöttüket – az előszabványokhoz hasonlóan – nem kell bejelenteni (notifikálni) az Európai Bizottságnak, és az európai tagországoknak.

A 42/1994 (III.25.) kormányrendelettel és az 1995. évi XXVIII. törvénnyel bevezetett egyszintű nemzeti szabványosítás nem jelentette a műszaki szabályozási rendszer többszintűségének megszűnését. Például a közbeszerzésekről szóló, ma már hatálytalan 2003. évi CXXIX. törvény 58. §-a is lehetővé tette a műszaki előírásokra való hivatkozást a közbeszerzési műszaki leírásokban. A nemzeti szabványosítás mellett a szabványosításnak is vannak más szintjei is, amelyek rangsora (hierarchiája) a 2.7. ábrán látható (Szakács – Poles 2011).

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet



2.7. ábra: A szabványosítás szintjei és rangsora (Szakács – Poles 2011)

A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata BV-MI 01:2005 jelzettel adott ki beton és vasbetonépítési műszaki irányelvet, amely a bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék adalékanyagkénti újrahasznosításával történő betonkészítést hazánkban először szabályozta.

A MAÚT Magyar Útügyi Társaság (2013 óta MAÚT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) a kötelező nemzeti szabványokat 1995 óta napjainkba is az útügyi műszaki előírások kiadásával váltja ki (2007, 2010).

Az 1994-ben alapított MAÚT Magyar Útügyi Társaság (2013 óta MAÚT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) a kezdetektől (1993) máig a nemzeti szabványok kiegészítésére, illetve értelmezésére több mint 200 útügyi műszaki előírást adott ki. Az útügyi műszaki előírások alkalmazása mintegy 20 éven át az országos közutak és hidak tervezői és kezelői – mind megrendelőként, mind fenntartóként – számára kötelező, az önkormányzati (helyi) utak és hidak, továbbá a közforgalom elől el nem zárt magánutak és hidak kezelői számára ajánlott, egyéb területeken pedig irányadó volt, és megjelenését a Magyar Közlönyben ki kellett hirdetni (MAÚT 2007, MAÚT 2010).

Az útügyi műszaki előírások 2009 előtt papír alapon jelentek meg Út betűjelzettel, digitálisan 2009 óta jelennek meg, betűjelzetük e-UT. A Magyar Út- és Vasútügyi Társaság honlapján (http://www.maut.hu/MAUTDATA/mediatár/tájékoztatás/old_new.pdf) a régi útügyi műszaki előírások új számozása megtalálható. Az érvényben lévő útügyi műszaki előírások a Magyar Közút Nonprofit Zrt. honlapjáról (<http://internet.kozut.hu/ume/Lapok/jovahagyott.aspx>) a nemzeti fejlesztési miniszter 16/2017. (V.25.) NFM rendelete alapján szabadon letölthetők.

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

Ezeket az ütügyi műszaki előírásokat ebben a formában az esetleges a módosításokkal és javításokkal együtt, általában a kiadás (érvénybe lépés) éve szerinti tartalommal 2017 júliusában tették közzé.

A legfontosabb műszaki tartalmú közúti jogszabályokat a Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2013. évi kiadványának 1. számú mellékletében, az alkalmazásra ajánlott magyar nemzeti szabványokat és a honosított európai szabványokat a kiadvány 2. számú mellékletében, az országos közutakon kötelezően alkalmazandó ütügyi műszaki előírásokat a 3. számú mellékletben, az ütügyi tervezési útmutatókat a 4. számú mellékletben nevezik meg. A kiadvány szerint az országos közutakon kötelezően alkalmazandó ütügyi műszaki előírások közé tartozik:

- Az út-, pálya- és hídbetonok zúzottkő adalékanyagának (e-UT 05.01.14:2009; felváltotta az e-UT 05.01.15:2018 ütügyi műszaki előírás);
- az újrahazsnosított betonhulladék adalékanyagú útbetonoknak (e-UT 05.02.31:2008);
- a pályalemezektől visszanyert betonok újrafelhasználásának (e-UT 05.02.54:2006);
- a betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének (e-UT 06.03.15:2006);
- a beton pályaburkolatok építésének (e-UT 06.03.31:2017);
- az útépitési beton burkolatalapoknak (e-UT 06.03.32:1993 és e-UT 06.03.33);
- a kompozit burkolatú merev útpályaszerkezetek építésének (e-UT 06.03.34:2007);
- a hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű betonburkolatú merev útpályaszerkezet építésének (e-UT 06.03.35:2008);
- a betonkő burkolatú pályaszerkezetek tervezésének és építésének (e-UT 06.03.42:2007); valamint fenntartásának (e-UT 08.02.32);
- a beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezésének (e-UT 07.01.14:2011);
- a közúti öszvérhidak tervezésének (e-UT 07.01.15);
- a beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak építésének (e-UT 07.02.11:2011);
- a közúti hidak betonszerkezete korrózióvédelmének (e-UT 07.05.11);
- a betonburkolatok fenntartási technológiáinak (e-UT 08.02.31:2007);
- az út- és hídepítési betonok párazáró anyagai minőségi követelményeinek és vizsgálati módszereinek (e-UT 09.01.31:1990);
- a beton, vasbeton és feszített vasbeton hidak betonja karbonátosodásának, a kloridbehatolás mélységének és a kloridtartalom meghatározásának (e-UT 09.03.11:1999);
- a közúti betonburkolatok és mőtárgyak roncsolásmentesen, *Schmidt*-kalapáccsal és ultrahanggal történő nyomószilárdság vizsgálatának (e-UT 09.04.11:1999) ütügyi műszaki előírása.

A nemzeti és iparági műszaki irányelvek kiadása 2016-ban a CXVIII. törvénnyel új lendületet kapott.

A 2016. évi CXVIII. törvény azzal egészítette ki az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 31. §-át, hogy „az építésügyi műszaki irányelvek kidolgozásáért felelős bizottság kidolgozza az épített környezet létrehozása és fenntartása érdekében végzett tervezési, építési és üzemeltetési tevékenység területére kiterjedő, jogszabály, szabvány által nem szabályozott, azokkal nem ellentétes követelményeket,

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

tevékenységekre vonatkozó módszereket tartalmazó építésügyi műszaki irányelveket. Az építésügyi műszaki irányelv alkalmazása önkéntes. Amennyiben az építésügyi műszaki irányelv által szabályozott területen jogszabály vagy szabvány kerül kiadásra, az építésügyi műszaki irányelvet vissza kell vonni.” Az 1997. évi LXXVIII. törvény 62. § (2) bekezdésének – a 2016. évi CXVIII. törvény általi – kiegészítésével az építésügyért felelős miniszter felhatalmazást kapott arra, hogy „az építésügyi műszaki irányelvek kidolgozásáért felelős bizottság létrehozására, összetételére, feladatkörére és működésére vonatkozó részletes szabályokat” rendelettel állapítsa meg.

A Miniszterelnökséget vezető miniszter az Építésügyi Műszaki Szabályozási Bizottságról szóló 36/2016. (XII. 29.) MvM számú rendelettel meghatározta a nevezett Bizottság összetételét és főbb teendőit, és azzal, hogy feladatául tűzte ki az építésügyi műszaki irányelvek legalább 10 évenkénti felülvizsgálatát, azok tartalmáért is felelőssé tette. A Bizottság titkársági feladatait az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (ÉMI Nonprofit Kft.) látja el, és egyúttal gondoskodik Bizottság működésének feltételeiről, a Bizottság elé kerülő ügyiratok előkészítéséről. Az ÉMI Nonprofit Kft. Építésügyi Műszaki Adattárat hoz létre és működtet, amelyet a Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (Lechner Nonprofit Kft.) üzemeltet és fejleszt.

Az Építési Törvénybe az építésügyi műszaki irányelv fogalma 2019. január 2-i hatállyal került be.

Az építésügyi műszaki irányelv lényegében módszertan arra, hogy az építető igényeinek megfelelő célkitűzéseket, követelményeket a szakmagyakorlók hogyan tudják hatékonyan teljesíteni mindazon területeken, ahol jogszabály, szabvány nem, vagy nem teljes körűen ad útmutatást, illetve minden olyan esetben, ahol több szabványt, szabályt kell egyidejűleg alkalmazni. Amíg a szabványok egységesített eljárásokat adnak meg, addig az építésügyi műszaki irányelvek elsősorban a szabványos eljárásoknak az alkalmazását írják le, illetve szabvány hiányában módszereket adnak.³⁰¹ Az irányelv és a szabvány így egymást kiegészítő, segítő műszaki szabályozás. Az irányelv nem mondhat ellen a szabványnak, de nem is alárendelt szerepű (ÉMI 2018). A szabványok minden állításának és intézkedésének feltétel nélküli elfogadási kényszerével nem biztos, hogy mindenki egyetért.

Az érdeklődési körünkbe tartozó építésügyi műszaki irányelv például a nemrég megjelent:

- ÉPMI 4/2019. (VII.1.) „Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyagok alkalmazásának feltételei a magasépítésben”;
- ÉPMI 5/2020. (V.11.) „Ipari padlók tervezési és kivitelezési szabályai. Ipari padlók, padozati anyagok, rétegek, tulajdonságok, követelmények” című építésügyi műszaki irányelv.
- ÉPMI 1/2023. (I.18.) „Esztrich-padozatok tervezése. Padozati anyagok, rétegek, tulajdonságok, követelmények” című építésügyi műszaki irányelv

³⁰¹ A jó műszaki előírás vagy irányelv olyan, mint az útjelzőtáblákkal jól ellátott út: úttalan utak esetén a táblák az út mentén folyamatosan végig egyértelműen és követhetően jelzik a kötelező vagy ajánlott útirányt az egyetlen lehetséges úti cél felé; kiépített utak esetén pedig táblák csak az útelágazásoknál találhatók, amelyekről egyértelműen leolvasható, hogy melyik kiágazó út hova vezet, és úti célunknak megfelelően melyiken kell vagy melyiken több, mint ajánlott továbbhaladni.

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

Az ütügi műszaki előírások alkalmazásának korábbi kötelező volta a nemzeti fejlesztési miniszternek a Magyar Közlöny 2017. évi 74. számában megjelent, az ütügi műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról szóló 16/2017. (V.25.) NFM számú rendelete kapcsán mára megváltozott. Az ütügi műszaki előírások nem jogszabályok, így nincs kötelező hatályuk, önmagukban nem kötelező érvényűek. Ugyanakkor bármely közüti infrastruktúra tervezéshez, építéshez, mérnöki tevékenységhez alkalmazhatók kötelező érvénnyel, amennyiben az adott kérdésben szerződő felek a szerződésükben önként, kölcsönösen megegyeznek egy (vagy több) adott műszaki előírás kötelező alkalmazásában. A jelenlegi gyakorlat szerint az állami beruházásoknál az országos közutak építetői és kezelői – az illetékes szakminisztérium elrendelése szerint – kötelesek szerződéseikben megkövetelni ezen előírások alkalmazását.

Ezekkel a kormányzati rendelkezésekkel a visszavont műszaki előírásokat és irányelveket nem helyezték vissza régi jogaikba. Az érvényüket vesztett műszaki előírásokat, műszaki irányelveket, köztük a Magyar Építőanyagipari Szövetség által 1995-ben kiadott, 22 füzetből álló, MÉASZ ME-04.19:1995 jelzetű, „Beton és Vasbeton készítése” című, műszaki előírást – akár csak a visszavont szabványokat – irodalomként használhatjuk.

Összegezve: Az európai betonos szabványok elvileg egységes, zárt rendszert képeznek, egymásra épülnek, egymást nem nélkülözhetik. Az építésügyi szabványok kapcsolatrendszerének csúcsán – a nemzeti törvények és rendeletek alatt – az Eurocode tervezési szabványok helyezkednek el, ahogy azt az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve az MSZ 4798:2016 és az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabványban is látni lehet. A szabványok egymásra épülésének rangsora (hierarchiája) segítséget nyújt a szabványok esetleges ellentmondásainak feloldásához is.

A termékszabványok jelentős hányada harmonizált; a harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő termékek általában az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletben szereplő „alapvető” („lényeges”) követelményeket is kielégítik. Az „alapvető” („lényeges”) követelményeket teljesítő építményekbe csak a harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő vagy európai műszaki értékeléssel rendelkező termékek építhetők be, és ezért az ilyen termékek megfelelő eljárást követően a CE-jellel megjelölhetők. Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és így az MSZ 4798:2016 betonszabvány sem harmonizált.

Az európai szabványok az egységes európai piac, a termékek szabad áramlása elvének érvényesítése jegyében készültek. Az európai szabványoknak megfelelő, de az adott alkalmazási körülmények között gyakorlatilag nem tartós, nem időálló termékek beépítésének felelőssége alól a szabványnak való megfelelés nem mentesít.

Az európai szabványokhoz bizonyos feltételek mellett nemzeti kiegészítések is tehetők, amire az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 beton nemzeti alkalmazási dokumentum is példa.

Az MSZ 4798:2016 szabvány rangsorban (hierarchiában) a méretezési szabványok (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009) alatt áll, és nem építőipari kivitelezési szabályzat, hanem a beton, mint végső soron piaci termék, „árúkinálat”, alkotóanyagaira, összetételére, tulajdonságaira, gyártására, leszállítására stb. vonatkozik, és nem írja elő (legfeljebb ajánlást ad), hogy a beton vagy vasbeton szerkezetet, illetve szerkezeti elemet milyen tulajdonságokkal rendelkező (milyen szabványos jelű) betonból kell megépíteni.

2. SZABVÁNYOKRÓL

2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN Dr. Kausay Tibor: BETONOS[®]KÖNYV I. kötet

A szabványokat műszaki előírások, műszaki irányelvek egészítik ki. A nemzeti és iparági, így építésügyi műszaki irányelvek kiadása az 2016-ban kiadott CXVIII. törvénnyel, a 36/2016. (XII. 29.) MvM számú rendelettel, a 16/2017. (V.25.) NFM számú rendelettel új lendületet kapott.

Az építésügyi műszaki irányelvek alkalmazása, mint a szabványos követelmények teljesítésének módszertan, önkéntes, és a piac résztvevőin számon nem kérhető. A szabványok alkalmazásának önkéntessége nem szükségtelenséget, hanem azt jelenti, hogy a szerződő felek az alkalmazandó szabványokban vagy attól eltérő feltételekben maguk állapodhatnak meg.

Ugyanakkor a magyar államnak, mint a piac közpénzekért felelős résztvevőjének, joga és lehetősége kell legyen építési érdekei és szempontjai érvényesítésére. Az összetársadalmi építési-fenntartási érdek érvényre juttatásának hatékony eszköze a követelményeket is tartalmazó és számon kérhető építésügyi műszaki előírás lehet, melynek intézménye mihamarabb megteremtendő. Az építésügyi műszaki előírások alkalmazása ugyanúgy kötelező kellene legyen a közpénzekből gazdálkodó szervezetek számára, mint ahogy az útügyi műszaki előírások alkalmazása az országos közutak kezelői számára – a közhasznú tevékenység ellátására kötött szerződések szerint – mind megrendelőként, mind saját tevékenységükre nézve.

3. SZERKEZETEK TERVEZÉSI ÉLETTARTAMA

Lásd: DAfStb Heft 622. (2016) Greve-Dierfeld, S. M. v.

A beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezet és a készítéséhez használt beton akkor tartós, ha a terhelő erőkből és terhelő mozgásokból adódó igénybevételeket, valamint a környezeti hatásokat – üzemszerű használat és megfelelő karbantartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül – a tervezési élettartam alatt károsodás nélkül viseli.

A tervezési élettartam követelmény (előírás), míg a használati élettartam tényleges, tapasztalati érték. A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább egyenlő kell legyen, mint a szerkezet tervezési élettartama: Használati élettartam $\geq$ Tervezési élettartam

A tervezési élettartam, illetve a használati élettartam természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idővel.

3.1. táblázat: Tervezési élettartamok az MSZ EN 1990:2011 Eurocode 2 szabvány alapján

MSZ EN 1990:2011 Eurocode 2 szabvány			Tervezési élettartam osztályok tartószerkezeti betonjai
Tervezési élettartam osztály	Előírt tervezési élettartam, év, legalább	Példák	
1.	10	Ideiglenes tartószerkezetek. Az olyan tartószerkezeteket vagy azok részeit, amelyek újratervezés céljából szétszerelhetők, és várhatóan újra fel is fogják használni, nem helyes ideiglenes szerkezetnek tekinteni. Nem szabad ideiglenes tekinteni az olyan kiegészítő szerkezeteket (például autópálya melletti, közel álló zajvédő falelemeket), amelyek cseréje a forgalom leállításával jár.	Ideiglenes tartószerkezetek betonja.
2.	10-25	Cserélhető tartószerkezeti részek, például darupálya tartók, saruk.	Cserélhető tartószerkezeti elemek betonja
3.	15-30	Mezőgazdasági és hasonló tartószerkezetek.	Mezőgazdasági tartószerkezetek betonja, Útpályabetonok, Padlóbetonok
4.	50	Épületek tartószerkezetei és egyéb szokásos tartószerkezetek.	Épületszerkezeti betonok, Autópályabetonok, Főútpályabetonok
5.	100	Monumentális épületek tartószerkezetei, hidak és más építőmérnöki szerkezetek.	Hídszerkezeti betonok, Repülőtéri pályabetonok

A feszített vasbetonszerkezeteket és azok betonját az építmény jellegétől függetlenül az 5. osztályba kell sorolni, és tervezési élettartamukat 100 évnek kell tekinteni.

Az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009) és Eurocode 4 (MSZ EN 1994-1-1:2010, MSZ EN 1994-2:2009) szabvány a tervezési élettartamot az MSZ EN 1990:2011 szabvány 2.3. szakasza alapján írja elő, amelyben öt tervezési élettartam osztály szerepel (3.1. táblázat).

Az állandó beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek többsége általában a 3., a 4. vagy 5. tervezési élettartam osztályba tartozik. A betonnak a szerkezet tervezési élettartama alatt nem szabad tönkremennie, ezért a mezőgazdasági építmények tartószerkezeteit legalább 15 év tervezési élettartamú betonból, az épületek és egyéb szokásos építmények tartószerkezeteit, valamint az útpályaszerkezeteket legalább 50 év tervezési élettartamú, az úgy nevezett monumentális építmények, például a hidak, vízepítési és szennyvíztisztítási műtárgyak, erőművek stb. tartószerkezeteit legalább 100 év tervezési élettartamú betonból kell készíteni.

A monumentális épületek az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabvány 2.1. táblázatában az 5. tervezési élettartam osztályú építmények egyik példjaként szereplő kifejezés. Az ilyen építmények tartószerkezeteinek előírt tervezési élettartama 100 év. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) betonszerkezet tervezési szabvány NA2.2.1. szakasza szerint a 100 év tervezési élettartamú építmények esetén a beton nyomószilárdságának f_{cd} tervezési értékét $\alpha_{cc} = 0,85$ értékkel, a tartós terhelésnek a szilárdságra gyakorolt hatását figyelembe vevő tényezővel el kell osztani.

Az angol nyelvű EN 1990:2010 szabványból fordított (Monumental building structures) – a szabvány német változatában „Monumentale Gebäude” – „monumentális épületszerkezetek” vagy ahogy az MSZ EN 1990:2011 szabványban olvasható, „monumentális épületek tartószerkezetei” kifejezésben a monumentális jelző korántsem az épületszerkezetek vagy épületek, építmények megszokottnál nagyobb méreteire (Bakos szerk., 1973), hanem – a hidakhoz és más építőmérnöki szerkezetekhez hasonlóan – az épületek, illetve építmények jelentőségére, értékére, tervezett tartósságára utal. Tulajdonképpen jelentős műtárgyakról van szó, ahogy idehaza nevezni szoktuk.

Nem csak a „monumentális létesítmények” fogalmával, hanem a „tervezett élettartam” fogalmával kapcsolatban is érdemes elolvasni Mistéth Endre (2001) könyvének 3.6. fejezetét az idő szerepéről a méretezésben.³⁰²

³⁰² Mistéth Endre „Méretezéselmélet” című könyvében (2001)

- a szerkezetek tervezési élettartamát így határozza meg: „A tervezett élettartam az az időtartam, ami alatt a létesítmény vagy annak egy része az előírt karbantartási és ellenőrzési feltételek betartása mellett egy előre megadott valószínűséggel hibamentesen működik. A tervezett élettartam nem azt jelenti, hogy a létesítmény a tervezett idő letelte után tönkremegy vagy használhatatlanná válik, csupán azt, hogy a műszaki igény teljesítésével szemben vállalt valószínűség lecsökkent. A tervezett élettartam elteltével nem szükség szerű, hogy a létesítményt el kell bontani. Általában azonban a létesítményt részletesen felül kell vizsgálni, meg kell határozni, hogy szilárdsági, hidraulikai, hőtani stb. és geometriai paraméterei, általában mindazon tulajdonságai, amelyek a rendeltetés szerű használatot biztosítják, milyen kedvezőtlen irányú változást szenvedtek.”
- a monumentális épületek (építmények) fogalmáról pedig így vélekedik: „Monumentális létesítmények azok a végleges létesítmények, amelyek tervezett élettartama (például) legfeljebb 150 év. Ebbe a csoportba tartoznak azok a létesítmények, amelyek nagy költséggel létesülnek és nagyszabásúak. Ilyenek a magasépítmények közül a középületek, például a parlament, felsőbb bíróságok, főhivatalok, templomok stb., a mélyépítmények közül a vízlépcsők, völgyzáró gátak, védőtöltések, utak, vasutak alépítménye, nagy folyók hidjainak alépítményei stb. A gépészmérnöki gyakorlat ilyen élettartamú

Az MSZ 4798:2016 betonszabványnak és módosításainak (MSZ 4798:2016/1M:2017, MSZ 4798:2016/2M:2018) élettartammal kapcsolatos meghatározásait is ekképp kell értelmezni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány:

- a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén kisebb legnagyobb víz-cement, illetve víz-kötőanyag tényezőt és kisebb friss beton levegőtartalmat enged meg, mint amekkora megengedett értékek a környezeti osztályok táblázataiban az 50 év tervezési élettartamú betonokra vonatkoznak;
- a beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálati ciklusainak számát teszi a tervezési élettartamtól függővé;
- a vasbeton és feszített vasbeton szerkezeti elemek betonja szükséges betonfedésének meghatározása során a szerkezeti osztályt a tervezési élettartam függvényében veszi tekintetbe;
- a 100 év tervezési élettartamú betonok nyomószilárdságának jellemző (karakterisztikus) értékét, illetve nyomószilárdsági osztályát a szabvány P melléklete szerint a *Student*-tényező, illetve az 50%-os elfogadási valószínűség elve alkalmazásával javasolja meghatározni. Ebben az esetben a beton jelében fel kell tüntetni (tapadó kötőjellel) az AC₅₀(H) kísérőjelet;
- előírja, hogy a tervezési élettartamot, ha az több, mint 50 év, akkor valamennyi beton jelében fel kell tüntetni.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványt követő MSZ 4798:2016/1M:2017 szabványban az MSZ 4798:2016 szabvány

- 5.3.2. szakaszának 3. megjegyzését a rövidebb és hosszabb tervezési élettartam pontosításaképpen úgy egészítették ki, hogy a „rövidebb (például 20 év) vagy hosszabb (például 100 év) tervezési élettartam esetén kevésbé szigorú vagy szigorúbb követelményekre lehet szükség. Útmutató a „használati élettartam vége” értelmezésére és a felhasználás helyén érvényes előírásokban megadott betonösszetételek határértékeinek érvényességére az ISO 16204 szabványban található”;
- F mellékletének (2) bekezdését, amely szerint az F1. és a NAD F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama 50 év, a következő szövegre cserélték: „A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezet (szerző megjegyzése: használati) élettartama a tervezéstől, a betonjellemzőktől és a kivitelezéstől függ. Az F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama legalább 50 év; azonban lehetséges a beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezet rövidebb (például 20 év) vagy hosszabb (például 100 év) élettartamra való tervezési is. A NAD F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama 50 év.”

Az ütiügyi műszaki előírások – például: e-UT 06.03.15:2006 (ÜT 2-3.211:2006) – szerint a

létesítményeket nem ismer.

Az e csoportba tartozó létesítmények az esetleges erőtani vagy hidraulikai tönkremenetel esetén nagy kárt okoznak, igen sok emberélettel is számolni kell. Az okozott kár az elmaradt hasznót is beleértve (*D*) általában több mint hússzor, de legfeljebb kétszázszor akkora, mint az újralétesítési költség (*C*). Ha az okozott kár nagyobb, mint az újralétesítés költségének kétszázszorosa ($D/C > 200$), akkor a létesítmény méretezését egyedileg valószínűség-elméleti módszer felhasználásával kell elvégezni.”

betonburkolatú autópályák és főutak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 40 év, az egyéb utak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 30 év.

A tartószerkezetek fogalmát tágabban, teherhordó, teherbíró szerkezetként értelmezve a pályaburkolatok is beilleszthetők az Eurocode tervezési élettartam osztályaiba:

- a repülőtéri fel- és leszállópályák, repülőtéri gurulóutak betonburkolata a legalább 100 év tervezési élettartamú tartószerkezetek 5. osztályába tartozónak tekinthetők,
- a jelentősebb beton-útpályaburkolatok (autópályák, főközlekedési utak betonburkolata) a legalább 50 év tervezési élettartamú tartószerkezetek 4. osztályába tartozónak,
- az egyéb beton-útpályaburkolatok és az ipari betonpadlóburkolatok a legalább 30 év tervezési élettartamú tartószerkezetek 3. osztályába tartozónak tekinthetők.

A tartószerkezeti betonféleségeket – az MSZ EN 1990:2011 szabvány 2.3. szakasza szerinti tervezési élettartam osztályoknak megfelelően – jellegük alapján összefoglaló névvel a *3.1. táblázat* jobb oszlopa szerint nevezhetjük; ezzel utalva arra is, hogy az élettartam éveket elvontan kell felfogni, azok tulajdonképpen a tartószerkezet tartósságának tervezési modellbeli fokozatai.

Összegezve: Az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabvány az építményeket öt tervezési élettartam osztályba sorolja. Az állandó beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek többsége általában a 3. (mezőgazdasági építmények tartószerkezetei), a 4. (épületek, ipari építmények tartószerkezetei) vagy az 5. (monumentális épületek és építmények, hidak, egy szóval műtárgyak tartószerkezetei) tervezési élettartam osztályba tartozik.

A szerkezetek tervezési élettartama a tervezési szabvány alapján mezőgazdasági építmények esetén 15-30 év, épületek és egyéb szokásos tartószerkezetek esetén általában 50 év, monumentális építmények (műtárgyak) esetén 100 év.

A tervezési élettartam követelmény (előírás), míg a használati élettartam tényleges, tapasztalati érték. A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább egyenlő kell legyen, mint a szerkezet tervezési élettartama.

A beton nyomószilárdsági osztályát, környezeti osztályát, összetételét, a betonfedést stb. a szerkezet tervezési élettartamának megfelelően kell megtervezni és megvalósítani, a vizsgálati eredményeket a tervezési élettartam figyelembevételével kell értékelni.

A tervezési élettartamot – ha az nem 50 év – a beton jelében fel is kell tüntetni.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány a pályaszerkezeteket nem nevesíti meg, és bár a szabvány a hatásköréből nem zárja ki, a szabvány felépítéséből arra lehet következtetni, hogy az MSZ EN 1990:2011 szabvány készítői a pályaszerkezeteket nem tekintették tartószerkezetnek, amelynek fogalmát így határozták meg: tartószerkezet a rendezett módon egymáshoz csatlakoztatott szerkezeti elemek szerves együttese, melyet teherviselésre és megfelelő merevségre terveznek; a tartószerkezeti elem pedig a tartószerkezet fizikailag elkülöníthető része, például oszlop, gerenda, lemez, cölöp.

A pályabetonok tervezési élettartamával a betonburkolatok rendeltetésnek megfelelő követelményeit tárgyaló MSZ EN 13877-2:2013 szabvány nem foglalkozik, az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabványra utalást nem tartalmaz, annál többet hivatkozik – hasonlóan a betonburkolatok alkotóanyagaigaira vonatkozó MSZ EN 13877-1 szabványhoz – az MSZ EN 206 betonszabványra.

Az e-UT 06.03.15:2006 (ÚT 2-3.211:2006) utügyi műszaki előírás szerint a betonburkolatú autópályák és főutak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 40 év,

az egyéb utak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 30 év, de ezek betonanyagtani vonzatával útügyi műszaki előírás nem foglalkozik.

Ugyanakkor az európai pályaszerkezeti szabványokban és a magyar útügyi műszaki előírásokban hivatkozott MSZ EN 206:2013+A1:2017 betonszabványban csak az 50 év tervezési élettartamra, annak nemzeti alkalmazási dokumentumában, az MSZ 4798:2016 és az MSZ 4798-2016/2M:2018 szabványban csak az 50 és 100 év tervezési élettartamra található feltételrendszer, amelyet a pályabetonokra a fentiek szerint célszerű alkalmazni.

A szerkezetek tervezési élettartamának valószínűség-elméleti háttérét a hazai irodalomban *Mistéth Endre* (2001) elemzte.

A tervezési élettartam, illetve a használati élettartam természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jóállási idővel.

4. BETONOK IGÉNYBEVÉTELÉNEK ÉS TEHERBÍRÁSÁNAK TERVEZÉSI ÉRTÉKE

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 és MSZ EN 1992-2:2009 Eurocode 2 szabványok szerint a tartószerkezeteket teherbírásra, használhatóságra, tűzhatásra és egyéb rendkívüli hatásokra adott megbízhatósággal, a parciális (osztott biztonsági) tényezők módszerének alkalmazásával, az előírányzott tervezési élettartam idejére kell megtervezni. A tartószerkezetek teherbírási határállapotai a szilárdság kimerülésével, fáradási tönkremenetellel, az állékonyság elvesztésével jöhetnek létre. Valamely tartószerkezet teherbírása az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány 6.4.2. szakaszának (3)P bekezdése szerint akkor megfelelő, ha a teherbírás tervezési értéke (R_d) a tartó minden keresztmetszetében az igénybevétel tervezési értékénél (E_d)³⁰³ nagyobb vagy azzal legfeljebb egyenlő:

$$R_d \geq E_d$$

4.1. AZ IGÉNYBEVÉTEL TERVEZÉSI ÉRTÉKE

Az igénybevétel tervezési értékét (E_d) az állandó jellegű terhelő erők és hatások (önsúly, földnyomás, víznyomás, támaszmozgás, lassú alakváltozás, feszítés, saruellenállás stb.) és az esetleges jellegű terhelő erők és hatások (hasznos terhek, szélhatás, hőmérsékleti hatás, saruellenállás, víz és jég mozgása, földrengés, építési terhek stb.) hatáskombinációiból határozzák meg.

Az igénybevétel tervezési értéke axiális (tengelyirányú) igénybevétel esetén általában normálerő, illetve hajlítónyomaték (M_{Ed}), tangenciális (érintőleges) igénybevétel esetén általában nyíróerő, illetve csavarónyomaték.

Például a kéttámaszú hajlított vasbeton tartó hajlítási teherbírása akkor megfelelő, ha a tartó minden keresztmetszetében az

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

feltétel teljesül, azaz a tartó hajlítónyomatéki teherbírásának tervezési értéke (M_{Rd}) a hajlítónyomaték igénybevétel tervezési értékénél (M_{Ed}) minden keresztmetszetben nagyobb, illetve azzal legfeljebb egyenlő. A kéttámaszú hajlított vasbeton tartó keresztmetszetére ható M_{Ed} nyomatékból a keresztmetszet felső övében a keresztmetszet méretétől függő nyomófeszültségek, alsó övében a keresztmetszet méretétől függő húzófeszültségek lépnek fel. A nyomófeszültségeket a beton, a húzófeszültségeket a betonacél szálak (acélbetétek) veszik fel. Az acélbetétek mennyiségét (a szálak számát és átmérőjét) és helyzetét úgy kell meghatározni, hogy a tartó se alul vasalt (rideg törés veszélye), se túlvasalt (gazdasági érdek, és repedéstágasság korlátozása) ne legyen, azaz a keresztmetszet törési határállapotában az acélbetét folyásának kezdetén, a folyási alakváltozás ($\varepsilon_f = \varepsilon_{yd}$ ³⁰⁴), illetve az ehhez tartozó folyási feszültség (folyáshatár f_y) elérésekor alakuljon ki a beton törési összenyomódása ($\varepsilon_b = \varepsilon_{cu}$ ³⁰⁵), a nyomószilárdság egyidejű fellépte mellett (a hajlított vasbetontartó III. feszültségállapota, mint törésállapot; 4.1. ábra). E határeset feltétele a keresztmetszet

³⁰³ A teherbírás tervezési értékének (R_d) korábbi jele (ENV 1992-1-1:1991) S_d volt.

³⁰⁴ Az MSZ EN 1992-1-1:2005 és MSZ EN 1992-2:2009 (Eurocode 2) szabvány szerinti jelölés.

³⁰⁵ Az MSZ EN 1992-1-1:2005 és MSZ EN 1992-2:2009 (Eurocode 2) szabvány szerinti jelölés.

feszültség-eloszlási diagramján a semleges tengelynek (x_{y0}) és az acélbetét hatásvonalának (d_y) a nyomott szélső száltól való távolsága viszonzyszámával (ξ_0) fejezhető ki (*Mihailich et al., 1964*)³⁰⁶:

$$\xi_0 = \frac{x_{y0}}{d_y} = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_f} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_b}} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_{yd}}{\varepsilon_{cu}}} = \frac{1}{1 + \frac{10^{-3} \cdot 2,175}{10^{-3} \cdot 3,5}} = 0,61674$$

amiből:

$$x_{c0} = 0,8 \cdot x_{y0} = 0,8 \cdot \xi_0 \cdot d_y = 0,8 \cdot 0,61674 \cdot d_y = 0,493 \cdot d_y \approx 0,49 \cdot d_y \rightarrow (0,5 \cdot d_y) \text{ azaz}$$

$$\xi_{c0} = 0,8 \cdot \xi_0 = 0,8 \cdot \frac{x_{y0}}{d_y} = \frac{x_{c0}}{d_y} = 0,493 \approx 0,49 \rightarrow (0,5)$$

ugyanis:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{f_y / \gamma_s}{E_s} = \frac{500 / 1,15}{200\,000} \approx \frac{435}{200\,000} = 10^{-3} \cdot 2,175$$

ahol:

f_{yd}	betonacél folyáshatárának tervezési értéke, N/mm ²
E_s	betonacél kezdeti húzási rugalmassági modulusa, N/mm ²
γ_s	betonacél biztonsági tényezője ³⁰⁷

Ha feltételezzük, hogy négyszög keresztmetszet esetén:

- a hajlított vasbeton tartó keresztmetszetének szélessége b , magassága h_y ;
- a betonacél névleges átmérője $\emptyset_s$, a kengyel névleges átmérője $\emptyset_{st}$;
- a névleges betonfedés előírt értéke c_{nom} ;
- az acélbetét hatásvonalának a nyomott szélső száltól való távolsága (egy sor húzott acélbetét esetén), azaz a hatékony magasság: $d_y = h_y - c_{nom} - \emptyset_{st} - \emptyset_s / 2$;
- a nyomófeszültség-diagram megengedett közelítéssel négyszög alakú, és x_{c0} magassága a semleges tengely nyomott szélső száltól való x_{y0} távolságának 0,8-szerese: $x_{c0} = 0,8 \times x_{y0}$, illetve $x_{y0} = 1,25 \times x_{c0}$ (MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2);

³⁰⁶ *Mihailich Győző* (1877, Temesrékás – 1966, Budapest) mérnök, műegyetemi tanár, 1920-tól a BME II. sz. Hidépítéstani Tanszék vezetője, az MTA tagja, Kossuth-díjas. 1906-tól kezdve hatvan éven át tanított a Műegyetemen. 1930-ban megszervezte a Műegyetem vasbeton vizsgálati laboratóriumát. 1936 decemberében többed magával tett javaslata alapján a Műegyetemen 1940 júniusában létrejött az Európában egyedül álló Mérnöki Továbbképző Intézet (ma: BME Mérnöktovábbképző Intézet), amelynek első igazgatójává választották. A Műegyetemnek két alkalommal volt a rektora (1942-1943 és 1949-1950). *Dr. Mihailich Győző* professzor első kiemelkedő alkotása a temesvári Ligeti úti híd a Bega-csatorna felett (1909) (*Jancsó, 1999*), amelyet számos vasbeton (1910: berekböszörményi híd a Sebes-Körös felett, 1911: tamáshidai híd a Fekete-Körös felett stb.) és acél (1910-ben a szolnoki közúti Tisza-híd, 1935-ben a budapesti Margit-híd, 1947-ben a szegedi közúti Tisza-híd stb.) híd építésének, erősítésének és szélesítésének tervezése, pályázatok készítése (1930: Boráros téri híd) követett. Tervei alapján épült az újpesti víztorony (1912). Megtervezte a csepeli vasbeton gabonátárházat (1922), a budapesti Szabó József úti autóbuszgarázst (1930) stb. *Dr. Mihailich Győző* professzor széleskörű irodalmi munkásságából kiemeljük: Vasbetonszerkezetek című könyve 1922-ben jelent meg. 1960-ban megírta a XIX. és XX. századi magyar hídépítés történetét, és 1966-ban társszerzőként a vasbetonépítés kezdete és első létesítményei magyarországi történetét (Magyar Életrajzi Lexikon, 1982), (*Balázs, 1995*).

³⁰⁷ Az Eurocode 2 a biztonsági tényezőt parciális tényezőnek nevezi.

- a keresztmetszetre ható M_{Ed} hajlítónyomaték, mint az igénybevétel tervezési értéke, a beton nyomott övében, illetve a nyomott szélső szálaban $\sigma_n = \sigma_{cu}$ nyomófeszültséget ébreszt,

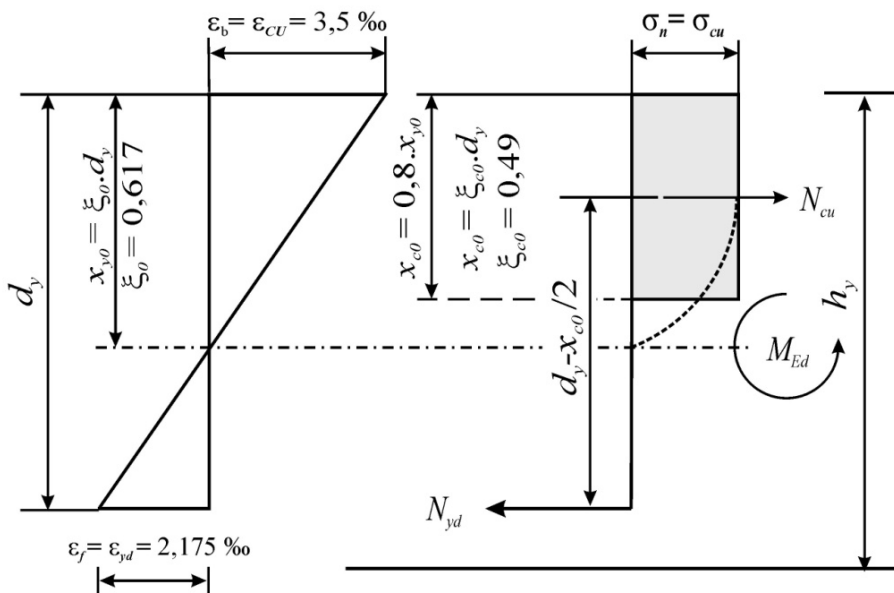
akkor az acélbetét hatásvonalára felírt egyensúlyi egyenlet (4.1. ábra):

$$M_{Ed} = \sigma_{cu} \cdot x_{c0} \cdot \left(d_y - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot b = \sigma_{cu} \cdot d_y^2 \cdot \left(\xi_{c0} - \frac{\xi_{c0}^2}{2} \right) \cdot b$$

amelyet a beton nyomófeszültségének értékére (σ_{cu}) rendezve:

$$\sigma_{cu} = \frac{M_{Ed}}{x_{c0} \cdot \left(d_y - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot b} = \frac{M_{Ed}}{d_y^2 \cdot \left(\xi_{c0} - \frac{\xi_{c0}^2}{2} \right) \cdot b} = 2,7 \cdot \frac{M_{Ed}}{d_y^2 \cdot b}$$

Az M_{Ed} hajlítónyomaték által a betonban ébresztett nyomófeszültség értékét (σ_{cu}) $\xi_{c0} = 0,49$ (B60.50 jelű³⁰⁸ betonacél) feltételezésével az ismert M_{Ed} , d_y , b adatokból ki lehet számítani.



4.1. ábra:

A vasbeton keresztmetszet alakváltozás- és feszültség-megoszlása

Szám példa:

Legyen valamely kéttámaszú vasbetontartó állandó megoszló terhe (szerkezeti önsúly) $g_k = 13,33$ kN/m, és esetleges (hasznos) megoszló terhe $q_k = 20,0$ kN/m. Az állandó teher biztonsági tényezője $\gamma_G = 1,35$, az esetleges teher biztonsági tényezője $\gamma_Q = 1,5$. Ebből a terhelés tervezési értéke: $p_d = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k = 1,35 \times 13,33 + 1,5 \times 20,0 = 48$ kN/m. A tartó elméleti támaszköze $L = 5,0$ m. A tartóra ható legnagyobb hajlítónyomaték tervezési értéke $M_{Ed} = p_d \times L^2 / 8 = 150$ kNm.

Számítsuk ki a kéttámaszú hajlított vasbeton gerenda támaszközepén a beton nyomófeszültségének $\sigma_n = \sigma_{cu}$ értékét, ha a keresztmetszet hasznos szélessége $b = 200$ mm és

³⁰⁸ Megfelel az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) C.1. táblázata szerinti 400-600 N/mm² karakterisztikus folyáshatárú (folyáshatár jellemző értékű), „C” duktilitási (alakíthatósági) osztályú ($1,15 \leq k = (f_t/f_y)_k < 1,35$ és $\varepsilon \geq 7,5\%$), ahol f_t = a betonacél húzószilárdsága (szakítószilárdsága), f_y = a betonacél folyáshatára és ε = a legnagyobb erőhöz tartozó fajlagos nyúvás (megnyúlás) jellemző értéke.

magassága $h = 400$ mm. Legyen a névleges betonfedés $c_{\text{nom}} = 35$ mm, a kengyel névleges átmérője $\varnothing_{\text{st}} = 6$ mm, a betonacél névleges átmérője $\varnothing_{\text{s}} = 18$ mm. A hatásos magasság $d = 400 - 35 - 6 - 9 = 350$ mm. Eredményül azt kapjuk, hogy a beton — igénybevételként jelentkező — nyomófeszültségének (elvárt legkisebb szilárdságának) értéke:

$$\sigma_{cu} = 2,7 \cdot \frac{150\,000\,000}{350^2 \cdot 200} = 16,53 \quad N/mm^2$$

4.2. A TEHERBÍRÁS TERVEZÉSI ÉRTÉKE

A teherbírás tervezési értéke (R_d) a tartó méreteinek és az anyagjellemző(k) karakterisztikus értékének – amely átlagérték vagy jellemző érték lehet – a függvénye.

Betonszilárdságra történő méretezés során az anyagjellemző karakterisztikus értéke alatt a nyomószilárdság jellemző értéke értendő (f_{ck}). Ennek alapján a beton nyomószilárdságának – az igénybevételből számított – az MSZ 4798:2016 szerinti, szabványos, Ø150×300 mm méretű, 28 napos korú, végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett, legkisebb (megkövetelt, előírt) jellemző értéke ($f_{ck,cyl,min}$) a beton nyomófeszültségének értékéből (σ_{cu}) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerint a következőképpen adódik:

$$f_{ck,cyl,min} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu}$$

majd:

$$\sigma_{cu} \rightarrow [\sigma_{cu}] \leq f_{cd} \quad \text{és} \quad f_{ck,cyl,min} \rightarrow [f_{ck,cyl,min}] = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times f_{cd} \leq f_{ck,cyl}$$

ahol:

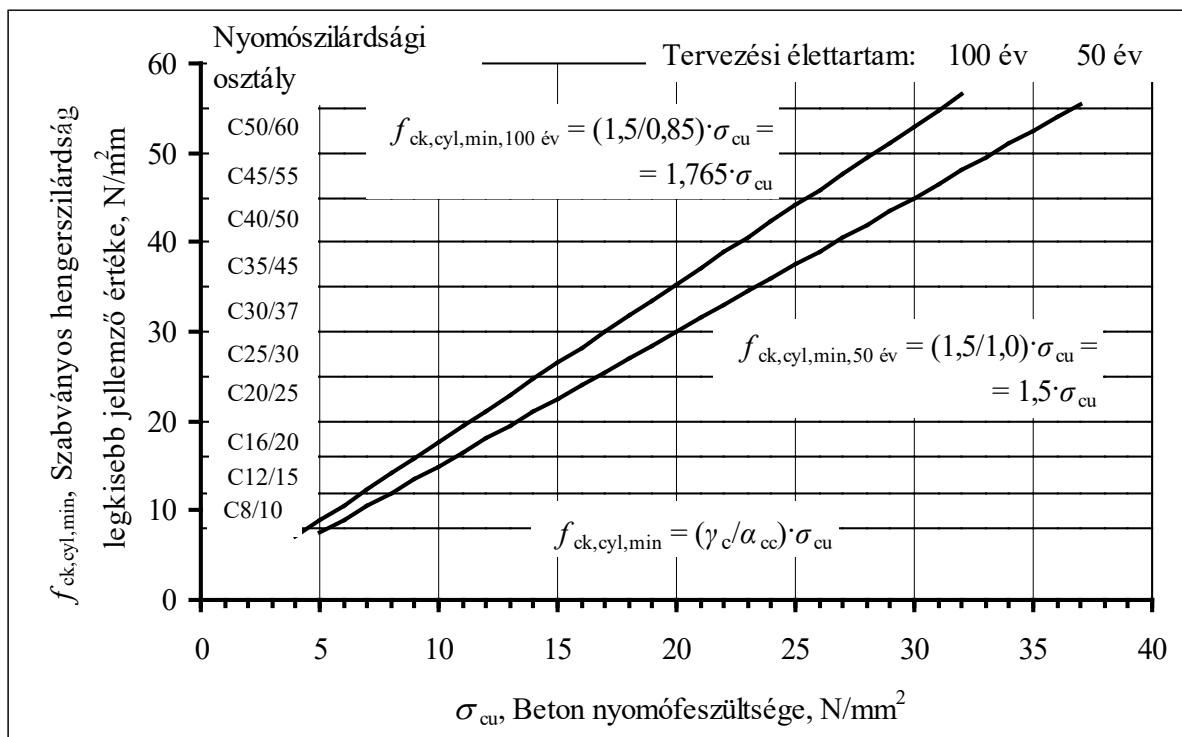
- α_{cc} a beton σ_{cu} nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója, amelynek értéke Magyarországon legfeljebb 50 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén $\alpha_{cc} = 1,00$, az 50 évnél nagyobb tervezési élettartamú szerkezetek esetén $\alpha_{cc} = 0,85$ (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése és NA2.2.1. szakasza szerint)³⁰⁹;
- γ_c a beton σ_{cu} nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője a parciális tényezős (osztott biztonsági tényezős) méretezési eljárás esetén, értéke teherbírási határállapot vizsgálata során, tartós és ideiglenes tervezési állapotban általában $\gamma_c = 1,5$ (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint);
- σ_{cu} a beton – igénybevételből számított, az ε_{cu} fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint, N/mm²;
- $[\sigma_{cu}]$ a beton nyomófeszültségének felfelé kerekített értéke, N/mm²;
- $[f_{ck,cyl,min}]$ az $f_{ck,cyl,min}$ előírt jellemző érték felfelé kerekített értéke, N/mm²

A 4.2. ábrán látni, hogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése és NA2.2.1. szakasza szerint, $\gamma_c = 1,5$ biztonsági tényező mellett, ha a beton nyomófeszültsége például $\sigma_{cu} = 15$ N/mm², akkor az 50 év tervezési élettartamú beton

³⁰⁹ Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakasz (4) bekezdése szerint, ha bizonyos esetekben – például feszítés alkalmazásakor – a beton nyomószilárdságát (sablonban képszült, „szabványos” laboratóriumi próbatesteken) $t > 28$ napos korban határozzák meg, akkor a 3.1.6. szakasz (1)P bekezdésében szereplő α_{cc} tartós szilárdsági tényezőt a k_t csökkentő tényezővel meg kell szorozni. A csökkentő tényező ajánlott értéke $k_t = 0,85$, de Magyarországon az NA2.1.2. szakasz szerint

- ha a szilárdságvizsgálat elsődleges célja a 28 napos korú beton szilárdságának a meghatározása, akkor közelítő vizsgálat esetén és az utószilárdulásra vonatkozó adatok hiányában a $k_t = 0,85$ érték csak $t \geq 180$ napos korban végzett szilárdságvizsgálat esetén alkalmazható. A $28 < t < 180$ napos korú betonok esetén a k_t értékét lineáris interpolációval kell meghatározni;
- ha a szilárdságvizsgálat célja a $t > 28$ napos korú beton adott időpontban érvényes szilárdságának a meghatározása, akkor a $k_t = 1,0$ értéket kell alkalmazni.

nyomószilárdsági osztálya C20/25 (minthogy $\alpha_{cc} = 1,00$), a 100 év tervezési élettartamú betoné pedig C25/30 (minthogy $\alpha_{cc} = 0,85$) kell legyen.



4.2. ábra: Beton nyomószilárdsági osztálya a nyomófeszültség függvényében

A fentiekben tárgyalt $R_d \geq E_d$ követelmény folyamánya, hogy a beton nyomószilárdsági osztályához tartozó nyomószilárdság tervezési értéke (f_{cd})³¹⁰ az igénybevételből számított nyomófeszültség értékénél (σ_{cu}) nagyobb, vagy azzal legalább azonos értékű kell legyen:

$$f_{cd} \geq \sigma_{cu}$$

Ezzel egyidejűleg teljesül, hogy a beton nyomószilárdsági osztályához tartozó előírt jellemző érték ($f_{ck,cyl}$) a nyomófeszültség értékéből (σ_{cu}) számított megengedett legkisebb jellemző értékénél ($f_{ck,cyl,min}$) nagyobb, vagy azzal legalább azonos értékű:

$$f_{ck,cyl} \geq f_{ck,cyl,min}$$

Az adott keresztmetszeti méretű vasbeton tartó betonjának nyomószilárdságát tehát úgy kell megtervezni, hogy a beton nyomószilárdságának szabványos próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke ($f_{ck,cyl}$) legalább akkora legyen, mint az igénybevételből, azaz a nyomófeszültség értékéből (σ_{cu}) számított legkisebb (megkövetelt) jellemző értéke ($f_{ck,cyl,min}$).

A 4.1. táblázat ① sorában feltüntettük a normál szilárdságú szokványos (közönséges, normál) betonok nyomószilárdsági osztályát és ② sorában a nyomószilárdsági osztály jeléhez tartozó beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt jellemző értékét ($f_{ck,cyl}$). Ebből kiszámítottuk a beton nyomószilárdságának tervezési értékét (f_{cd}) a ③ sorban a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül és a ④ sorban a tartós szilárdság figyelembevételével. Végül a 4.1. táblázat ⑤ sorában megadtuk a beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett

³¹⁰ A nyomószilárdság teherbírasi tervezési értékének (f_{cd}) fogalma lényegében megfelel a régebben (az európai szabványok bevezetése előtti időkben) „beton nyomóhatárfeszültségnek” nevezett fogalomnak, amelynek a jele σ_{bH} volt.

előírt átlagértékét ($f_{cm,cyl}$). A ③ és ④ sorban szereplő tervezési értéket (f_{cd}) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerinti

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} \times f_{ck,cyl}$$

összefüggéssel számítottuk ki.

A 4.1. táblázatból azt látjuk, hogy például valamely 50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú szerkezetbe beépítésre kerülő C30/37 nyomószilárdsági osztályú betontól a tervező azt várja, hogy a legfeljebb 17,0 N/mm² értékű σ_{cu} nyomófeszültséget károsodás nélkül tartósan viselje, illetve, ha legfeljebb 50 év tervezési élettartamú szerkezetbe építik be, akkor a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül legfeljebb 20 N/mm² értékű σ_{cu} nyomófeszültséget (f_{cd}) legyen képes károsodás nélkül hordani. A tervező azt is feltételezi, hogy a C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton átlagos nyomószilárdsága 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahengereken mérve, legalább 38 N/mm².

Az 50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú beton nyomószilárdsági osztálya meghatározásának lépéseit az igénybevételből ébredő σ_{cu} nyomófeszültségből a 4.3. ábrán láthatjuk.

4.1. táblázat: Szokványos (közönséges, normál), normál szilárdságú betonok nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke 50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú szerkezetek (az α_{cc} értékére vonatkozólag) esetén az MSZ EN 1992-1-1:2010 szerint

① Beton nyomószilárdsági osztálya									
C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
② Beton nyomószilárdságának Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke, N/mm ²									
$f_{ck,cyl}$									
8	12	16	20	25	30	35	40	45	50
③ Beton nyomószilárdságának tervezési értéke a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül (a σ_{cu} nyomófeszültség határértéke), N/mm ²									
$f_{cd} = f_{ck,cyl}/(\gamma_c/\alpha_{cc}) = f_{ck,cyl}/(1,5/1,0) \geq \sigma_{cu}$									
5,3	8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3
④ Beton nyomószilárdságának tervezési értéke a tartós szilárdság figyelembevételével (a σ_{cu} nyomófeszültség határértéke), N/mm ²									
$f_{cd} = f_{ck,cyl}/(\gamma_c/\alpha_{cc}) = f_{ck,cyl}/(1,5/0,85) \geq \sigma_{cu}$									
4,5	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
⑤ Beton nyomószilárdságának Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett előírt átlagértéke, N/mm ²									
$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$									
16	20	24	28	33	38	43	48	53	58

A 4.3. ábrán látni, a 100 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén, ha a beton igénybevételből számított nyomófeszültsége $\sigma_{cu} = 16,5$ N/mm², akkor az $f_{cd} \geq \sigma_{cu}$ feltételnek megfelelő tervezési érték, amely a tartós szilárdság figyelembevétele mellett a legkisebb beton nyomószilárdsági osztályra vezet $f_{cd} = 17,0$ N/mm², a nyomószilárdság próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke pedig $f_{ck,cyl} = 30$ N/mm², henger-nyomószilárdsági előírt átlagértéke $f_{cm,cyl} = 38$ N/mm² és a beton nyomószilárdsági osztálya C30/37.

Fentiekből kitűnik, hogy a beton nyomószilárdságának szabványos, Ø150×300 mm méretű, 28 napos korú, kizsaluzás után végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett előírt jellemző

értéke a tartós szilárdság figyelembevételével $f_{cd} = 16,7 \text{ N/mm}^2$ (C25/30), és a tartós szilárdság figyelembevételével $f_{cd} = 17,0 \text{ N/mm}^2$ (C30/37).

A σ_{cu} nyomófeszültségből kiszámítható a beton szabványos méretű és szabványosan tárolt próbahengeren értelmezett nyomószilárdságának legkisebb (megkövetelt) jellemző értéke a tartós szilárdság figyelembevételével:

$$f_{ck,cyl,min} = \gamma_c \times \sigma_{cu} = 1,5 \times 16,53 = 24,8 \quad \text{N/mm}^2$$

és a tartós szilárdság figyelembevételével:

$$f_{ck,cyl,min} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} = \frac{1,5}{0,85} \times 16,53 = 29,2 \quad \text{N/mm}^2$$

Mint hogy $f_{ck,cyl,min} \leq f_{ck,cyl}$ kell legyen, a 4.1. táblázatból adódik, hogy a beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke,

- ha a tartós szilárdságra nem vagyunk tekintettel, $f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$, tehát ebben az esetben a példa szerinti igénybevételt kellő biztonsággal hordani képes beton nyomószilárdsági osztálya C25/30;
- ha a tartós szilárdságra tekintettel vagyunk, $f_{ck,cyl} = 30 \text{ N/mm}^2$, tehát ebben az esetben a példa szerinti igénybevételt kellő biztonsággal hordani képes beton nyomószilárdsági osztálya C30/37.

Ez az eredmény természetesen megegyezik azzal, mint amit a $\sigma_{cu} \leq f_{cd}$ feltétel alapján kaptunk (4.3. ábra).

A beton – fenn tárgyalt, MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerinti – f_{cd} tervezési értékének követelményét olyan betonnal lehet kielégíteni, amelynek $\varnothing 150 \times 300 \text{ mm}$ méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú – nem csiszolt nyomott felületű! – próbahengereken 28 napos korban mért $f_{cm,cyl,test}$ átlagos nyomószilárdsága az $\alpha_{cc} = 0,85$ és $\gamma_c = 1,5$ értékek alkalmazásával az

$$f_{cm,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} + 8 = \left(\frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times f_{cd} \right) + 8 = 1,76 \times f_{cd} + 8 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

feltételnek megfelel.

E 28 napos korú beton MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályának jele az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata értelmében:

$$\frac{C f_{ck}}{f_{ck,cube}} \text{ az az } \frac{C f_{ck,cyl}}{f_{ck,cube}}$$

Ezzel szemben az építménybe beépített $t > 28$ napos korú – C20/25 és C50/60 közötti nyomószilárdságú – beton akkor megfelelő nyomószilárdságú, ha a tartószerkezeti elemből kifűrt magmintából kialakított, légszárat állapotban vizsgált – nem csiszolt nyomott felületű! –, például $\varnothing 100 \times 100 \text{ mm}$ méretű próbahengereken t korban mért átlagos nyomószilárdság ($f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszár, t}$) 0,75-szorosa nem kisebb, mint a beton t napon számított $f_{cd,t}$ tervezési értéke 1,53-szorosának 8 N/mm^2 -rel növelt értéke:

$$\begin{aligned} f_{cm,is,cyl,\varnothing 150 \times 300, test, vizes, t} &= 0,75 \times f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszár, t} \geq f_{ck,is,cyl, t} + 8 \\ &= \left(\frac{\gamma_{C,red4}}{\alpha_{cc}} \times f_{cd,t} \right) + 8 = 1,53 \times f_{cd,t} + 8 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \end{aligned}$$

tekintve,

- egyrészt, hogy a 20.1.2.6. ábra szerint:
 $f_{cm, is, cyl, test, t} = 0,98 \times 0,77 \times f_{cm, is, cyl, \varnothing 100 \times 100, test, légszár, t} = 0,75 \times f_{cm, is, cyl, \varnothing 100 \times 100, test, légszár, t}$ és
- másrészt, hogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány „A” melléklete A2.3. szakaszának (1) bekezdése értelmében, ha beton szilárdságát a megvalósult szerkezeten vagy szerkezeti elemen kísérlettel (vizsgálattal) határozzák meg, akkor a γ_C biztonsági tényező értékét az $\eta = 0,85$ csökkentő tényezővel csökkenteni szabad, de a $\gamma_{C, red4} = \eta \times \gamma_C = 0,85 \times 1,5 = 1,275$ csökkentett biztonsági tényező értéke nem lehet kisebb, mint $\gamma_{C, red4} = 1,3$.

Összegezve: A beton nyomószilárdsági osztályának elsődleges kifejezője a nyomószilárdság $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű, 28 napos korú, kizsaluzás után végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett, előírt jellemző (karakterisztikus) értéke ($f_{ck, cyl}$), mert az MSZ EN 1992-1-1:2010 szerinti erőtan mértezés során ezt származtatják a nyomószilárdság tervezési értékéből (f_{cd}). Ezért a nyomószilárdsági osztály meghatározásához minden egyéb feltétel mellett (például 150 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakockán) kapott egyedi nyomószilárdság vizsgálati eredményt (f_{ci}) – a torzítások elkerülése érdekében – még az értékelés (átlag, szórás, jellemző érték stb. kiszámítása) előtt helyes átszámítani a $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű, 28 napos korú, kizsaluzás után végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett egyedi nyomószilárdságra ($f_{ci, cyl}$), és az így átszámított egyedi henger-nyomószilárdságokat kell értékelni.

E nézet helyességét alátámasztja Halász István (1982) dolgozatának következő mondata: „Ha a szilárdságvizsgálatok nem szabványos méretű próbatesteken történtek, akkor az átszámítást kockák esetén a 150 mm élhosszúságú kockákra, hengerek esetén pedig a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerre célszerű elvégezni az egyedi (R_{bi}) szilárdságra vonatkozó vizsgálati eredményekre külön-külön”.

Megjegyzés: Az Eurocode 2 szabvány az ülepedési és a gátolatlan száradási zsugorodás végértékét a beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett, előírt jellemző értékéből ($f_{ck, cyl}$), míg a 28 napos kortól eltérő korú beton átlagos nyomószilárdságát és húzószilárdságát, a rugalmassági modulust, a $\sigma - \varepsilon$ diagram jellegzetes pontjaihoz tartozó alakváltozási értékeket, a gátolatlan száradási zsugorodás alapértékét, a kúszási tényező alapértékét a nyomószilárdság próbahengeren értelmezett, előírt átlagértékéből ($f_{cm, cyl}$) határozza meg. A kúszási tényező végértékét, ha a nyomófeszültség az első terhelés időpontjában a $0,45 \times f_{ck, cyl}$ értéket nem haladja meg, a nyomószilárdság jellemző értékéből ($f_{ck, cyl}$), ha meghaladja akkor az átlagértékéből ($f_{cm, cyl}$) kell kiszámítani (Szalai et al., 2005).

5. VASBETON ÉPÍTMÉNYEK SZERKEZETI OSZTÁLYA

A vasbeton vagy feszített vasbeton építmény, illetve szerkezeti elem szerkezeti osztályát az erőtani méretezés során határozzák meg, jele a beton jelében nem szerepel, ismerete azonban ennek ellenére szükséges az építmény megvalósítói számára is, mert az adalékanyag megengedett névleges legnagyobb szemnagysága többek között a betonfedés függvénye, a betonfedés szükséges mértékéről pedig a szerkezeti osztályok adnak tájékoztatást. Ezért a tervezői műszaki leírásnak a beton jelen kívül tartalmaznia kell a betont befogadó vasbeton vagy feszített vasbeton építmény, illetve szerkezeti elem szerkezeti osztályát, amely a betontechnológiai utasításban, illetve a beton megrendelés és szállítás dokumentumában az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának egyik meghatározó tényezőjeként jelenik meg.

A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a tervezési élettartam függvényében a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedésének ($c_{\min, \text{dur}}$) mértékét határozzák meg. Ebből következik, hogy szerkezeti osztályba csak a vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket szükséges besorolni, és az ezekhez nem illeszthető környezeti osztályok esetén (XN(H), X0b(H), XV1(H)) betonfedésről vagy szerkezeti osztályról beszélni felesleges, de a környezeti hatások erősségének MSZ EN 13369:2024 szabvány szerinti csoportjaiba (10.8. táblázat) **ELLENŐRZENDŐ** ezek a környezeti osztályok is besorolhatók.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány legkisebb betonfedéssel ($c_{\min}$) foglalkozó 4.4.1.2. szakaszának betonacélokra vonatkozó 4.4N és feszítőacélokra vonatkozó 4.5N táblázata hat szerkezeti osztályt tartalmaz (jelük: S1-S6). A táblázatokban a $c_{\min, \text{dur}}$ előírt legkisebb tartóssági betonfedésre vonatkozó adatok annak feltételezésével érvényesek, hogy a betonacél és a feszítőacél külön védelemmel el nem látott, ötvözetlen (nem rozsdamentes) szénacél. A szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése szerint az 50 év tervezési élettartamú és a szabvány E mellékletének E1.N táblázatában (a szabvány angol és a német változatában a jele: E.1N) szereplő környezeti osztályokhoz tartozó nyomószilárdsági osztályú betonok az S4 szerkezeti osztályba sorolandók³¹¹, amely tervezési élettartam és szerkezeti osztály társítást K. Zilch és M. Cyllok (2004) szóhasználatát követve „alap eset”-nek nevezzük (5.1. táblázat).

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzésében az is szerepel, hogy az ajánlott legalacsonyabb szerkezeti osztály S1, ami azt is jelenti, hogy az S1 szerkezeti osztály általa képviselt legkisebb tartóssági betonfedésnél ($c_{\min, \text{dur}}$) – azaz 10 mm-nél – a legkisebb tartóssági betonfedés kisebb nem lehet.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázatában lényegében azokat a európai szabványban szereplő környezeti osztályokat sorolták fel, amelyek hatással vannak az acélbetétek karbonátosodás és nedvesség okozta (XC1 – XC4, XF1), kloridbehatolás okozta (XD1 – XD3, XS1 – XS3, XF2 – XF3), valamint talaj és talajvíz okozta (XA1 – XA3) kémiai korróziójára, amely ellen a betonfedés védelmet nyújt (5.1. táblázat). E környezeti osztályok és az ezekhez illesztett nyomószilárdsági osztályok – az XD2 környezeti osztály kivételével – megegyeznek az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti környezeti osztályokkal és a hozzájuk tartozó legkisebb nyomószilárdsági osztályokkal. Magától értetődik, hogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázatában a magyar nemzeti betonszabvány

³¹¹ A DIN EN 1992-1-1/NA:2013 szabvány 4.4.1.2 szakaszának (5) bekezdése szerint Németországban az 50 év tervezési élettartamú vasbeton és feszített vasbetonszerkezeteket az S3 szerkezeti osztályba kell sorolni, így ott ez az „alap eset” (Fingerloos et al., 2012). A megkövetelt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$) értéke az S3 szerkezeti osztályban – az X0 környezeti osztály kivételével – 5 mm-rel kisebb, mint az S4 szerkezeti osztályban.

(MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018) által bevezetett környezeti osztályok nem szerepelnek.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázata és a szabvány NA magyar nemzeti melléklete e könyv 5.2. táblázatában szereplő feltételek mellett lehetőséget ad az „alap esetet” képező S4 szerkezeti osztálynak (5.1. táblázat), és ezáltal a megkövetelt legkisebb tartóssági betonfedések ($c_{\min, \text{dur}}$) értékének a módosítására. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázata a módosítási feltételeket az X0, XC1–XC4, XD1–XD3 és XS1–XS3 környezeti osztályok nevesítése mellett mutatja be.

5.1. táblázat: A környezeti osztályokban előírt nyomószilárdsági osztályok S4 szerkezeti osztály és 50 év tervezési élettartam esetén az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (5) bekezdése és a szabvány E1.N táblázata szerint („alap eset”)

Környezeti osztály az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázata szerint								
Nincs korrózió		Karbonátosodási korrózió				Kloridok okozta korrózió		
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	
Alkalmazható legkisebb nyomószilárdsági osztály								
C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	
Környezeti osztály az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázata szerint								
Tengervízből származó kloridok okozta korrózió			Fagyhatás okozta korrózió			Kémiai hatás okozta korrózió		
XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3
Alkalmazható legkisebb nyomószilárdsági osztály								
C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Megjegyzés:								
- Az XD2 környezeti osztályhoz az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázata szerint C30/37 nyomószilárdsági osztályú, az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány F1. táblázata szerint C35/45 nyomószilárdsági osztályú beton tartozik. E könyvben az utóbbi ajánlást követjük. - Bár az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázatában az XF4 környezeti osztály is szerepel, azt az E1.N táblázatban nem tüntették fel. Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az XF4 környezeti osztályban alkalmazandó legkisebb nyomószilárdsági osztály C30/37.								

Az X0 és XC1 környezeti osztály tehát szerepel az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványnak a szerkezeti osztály módosítási lehetőségét bemutató 4.3N és az előírt legkisebb tartóssági betonfedéseket tartalmazó 4.4N – 4.5N táblázatában, ugyanakkor a német szabályozásban (DIN 1045-1:2008, DBV Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” 2015) és irodalomban (Goris, 2013), (Goris et al., 2016. Band 3.), (Röhling et al., 2012. Band 1.) az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$) csökkentését az XC1 környezeti osztályban nem engedik meg, az X0 környezeti osztályt pedig a $c_{\min, \text{dur}}$ legkisebb tartóssági betonfedésről szólva nem említik, feltéve azért, mert vasbeton vagy vasalást tartalmazó beton ritkán tartozik az X0 környezeti osztályba. Ezek tekintetében az X0v(H) és XC1 környezeti osztály szerepeltetésével az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány gyakorlatát követi.

A kopási igénybevétel okozta betonfedés-csökkenést az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázatához tartozó (13) megjegyzésben a kopásálló adalékanyag alkalmazásának alternatívájaként a c_{nom} névleges betonfedéshez hozzáadandó Δc_{Opfer} vastagságú betonfedéspálással (Opferbeton) javasolják ellensúlyozni.

A fagy- és olvasztósó hatásának XF és a kémiai korrózió hatásának XA környezeti osztálya valószínűleg azért nem szerepel az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N – 4.5N táblázatában, mert a szabvány 4.3N táblázatához tett (12) megjegyzés szerint feltételezik, hogy a beton fagy- és olvasztósó-állóságát, valamint kémiai korrózióállóságát rendszerint a betonösszetétellel megoldják, és ez a körülmény az alkalmazandó 4.4. szakasz szerinti, az XC1–XC4, XD1–XD3 és XS1–XS3 környezeti osztályokhoz tartozó betonfedés mellett elegendő védelmet nyújt az acélbetét korróziója ellen. Ugyanakkor az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány nemzeti mellékletének – amely előírás – NA3.1.2. szakaszában a 4. fejezet (5) bekezdéséhez megjegyzik, hogy Az XA1-XA3 környezeti osztályoknak kitett szerkezetek esetén a $c_{min,dur}$ értékét – a környezet agresszivitásának mértéke alapján - egyedileg is fel lehet venni. Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány készítői élve a lehetőséggel a fagy és olvasztósó, valamint a kémiai korrózió hatásának kitett vasbeton és feszített beton szerkezetek acélbetétei korrózióvédelmét nem bízták pusztán a betonösszetételre, hanem nagyobb biztonságra törekedve az XF és XA környezeti osztályokhoz is előírták a szerkezeti osztályokhoz tartozó $c_{min,dur}$ legkisebb tartóssági betonfedés értékét.

A szerkezeti osztályok 5.2. táblázatban feltüntetett módosítási feltételei közül egyidejűleg több is teljesülhet. Az egyidejűleg teljesülő módosítási feltételek és hatásuk kezelésére módosítási feltételcsoportokat képeztünk.

A szerkezeti osztály módosítási feltételei csoportképzésének rendező elve volt, hogy

- a vasalatlan betonszerkezetet, illetve szerkezeti elemet nem kell szerkezeti osztályba sorolni;
- adott szerkezeti osztály ugyanazon környezeti osztályú beton tekintetében általában más legkisebb tartóssági betonfedést ($c_{min,dur}$) jelent vasbeton és mást feszített vasbeton szerkezet vagy szerkezeti elem esetén. Az X0 és XC1 környezeti osztálytól eltekintve feszített vasbeton esetén a szükséges legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{min,dur}$) 10 mm-rel több, mint vasbeton esetén (MSZ 4798:2016);
- „alap eset”-nek < 50 év tervezési élettartamú beton esetén az S3, 50 év tervezési élettartamú beton esetén az S4, 100 év tervezési élettartamú beton esetén az S6 szerkezeti osztályt kell tekinteni (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése és NA3.1.2. szakasza);
- az acélbetétet tartalmazó szerkezeti elem a környezeti osztályok mindegyike esetén – így az X0v(H) és XC1 környezeti osztályú beton esetén is – szerkezeti osztályba sorolandó, tehát az acélbetétet tartalmazó X0v(H) és XC1 környezeti osztályú beton előírt legkisebb tartóssági betonfedése ($c_{min,dur}$) sem lehet 10 mm-nél kisebb.

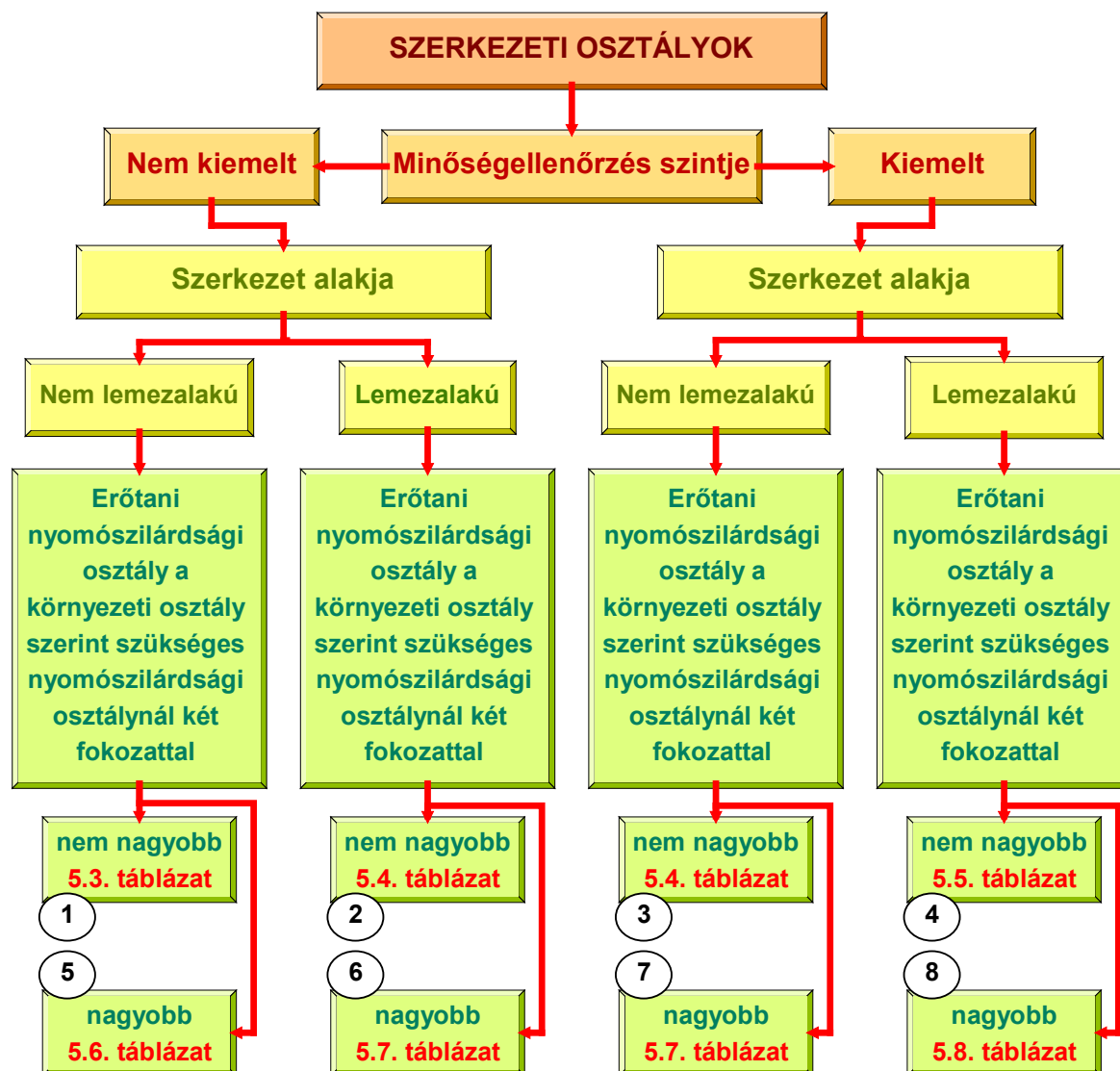
A feltételcsoportokhoz tartozó szerkezeti osztályok tartalmát az 5.3. – 5.8. táblázatban mutatjuk be, e táblázatok rendszerét az 5.1. ábra szemlélteti.

Az 5.2. táblázatban az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (5) bekezdésében a 4.3.N táblázatához tett megjegyzést – amely szerint a kis áteresztőképesség érdekében (nem lehet tudni, hogy mely áteresztőképességről van szó, a Svájcban megengedett légáteresztőképesség mértéke e könyv 10.7. táblázatában található) alkalmazott különleges összetétel (cementfajta, víz-cement tényező, adalékanyag finomszemei) figyelembe vehető –, és az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány NA3.1.2. szakaszának e megjegyzésre hivatkozó javaslatát – amely szerint, ha az alkalmazott keverék összetételéből adódóan a beton áteresztőképessége a szokásosnál kisebb, és ezt független vizsgálólaboratóriumban végzett vizsgálatok eredményei igazolják, akkor a megrendelő vagy annak képviselője engedélyével, a vizsgálati eredmények alapján a figyelembevett szerkezeti osztály legfeljebb 2-vel csökkenthető – egyrészt a különleges összetétel és a áteresztőképesség szokásos mértékének

hazai meghatározatlansága, másrészt a javasolt szerkezeti osztály csökkentés túlzott volta miatt figyelmen kívül hagytuk.

5.2. táblázat: A szerkezeti osztályok módosítása az 50 év tervezési élettartamú beton S4 szerkezeti osztályához („alap eset”) viszonyítva az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázata és az azt kiegészítő NA magyar nemzeti melléklet NA3.1.2. szakasza szerint

Feltétel	Szerkezeti osztály
Ha a tervezési élettartam 100 év, akkor	az 50 év tervezési élettartamú beton S4 szerkezeti osztályánál („alap eset”) <i>két osztállyal nagyobb</i> szerkezeti osztály (S6)
Ha a tervezési élettartam kevesebb mint 50 év (< 50), akkor	az 50 év tervezési élettartamú beton S4 szerkezeti osztályánál („alap eset”) <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály (S3)
Ha az erőteni számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál legalább két fokozattal nagyobb, akkor	az adott tervezési élettartamú beton szerkezeti osztályánál <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály: < 50 év tervezési élettartam: S2 50 év tervezési élettartam: S3 100 év tervezési élettartam: S5
Ha a szerkezeti elem lemezalakú, és a vasalás helyzetét nem befolyásolja az építési (kivitelezési) módszer, akkor	a nem lemezalakú szerkezeti elem szerkezeti osztályánál <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály: - ha az erőteni számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál: < 50 év tervezési élettartam: S2 50 év tervezési élettartam: S3 100 év tervezési élettartam: S5 - ha az erőteni számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál legalább két fokozattal <i>nagyobb</i>: < 50 év tervezési élettartam: S1 50 év tervezési élettartam: S2 100 év tervezési élettartam: S4
Ha a minőségellenőrzés kiemelt szintű, akkor	a nem kiemelt minőségellenőrzési szintű beton szerkezeti osztályánál <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály
Kiemelt szintűnek a telepített betonelemgyári és az építéshelyi előregyártó-üzemi minőségellenőrzést tekintjük, feltéve, hogy a betongyártást, a vasbetonszerkezet, illetve különösen a feszített vasbetonszerkezet gyártását – úgy mint a betonkészítést, a betonacél szerelést, illetve a feszítőacél feszítést, a beton bedolgozást, tömörítést és utókezelést stb. – valóban kiemelt szintű minőségellenőrzés kíséri (lásd az 1.3. ábrát).	
Ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nagyobb, mint 32 mm, akkor	az előírt legkisebb tartóssági betonfedést ($c_{\min, \text{dur}}$) 5 mm-rel meg kell növelni.



5.1. ábra: Szerkezeti osztályok áttekintő ábrája. A körben lévő számok a feltételcsoportok sorszámai. Az ábra jobb oldala (minőségellenőrzés szintje kiemelt) lényegében a korszerű telepített betonelemgyárakban és az építéshelyi előregyártó-üzemekben készült előregyártott vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezetekre, szerkezeti elemekre³¹², az ábra bal oldala (a minőségellenőrzés szintje nem kiemelt) lényegében a monolit vasbeton szerkezetekre, szerkezeti elemekre vonatkozik.

A szerkezeti osztályok 5.3. – 5.8. táblázatában azokat a környezeti osztályokat is feltüntettük, amelyek az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N – 4.5N táblázatában nem szerepelnek, de hazánkban használatosak, és az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018 és MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány 1. táblázatában megtalálhatók, és hatással vannak nemcsak a beton (lásd az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E.1N táblázatát), hanem az acélbetét korróziójára is, mint az

- X0v(H) mechanikai sérüléssel járó környezeti osztály;
- XF1, XF3, XF3(H) vízbehatolással járó környezeti osztály;

³¹² Az MSZ EN 13670:2010 betonszerkezet kivitelezési szabvány 3.14. szakaszában nem tesznek különbséget a „gyárban vagy az építés helyén előállított” előregyártott betonelemek között.

- XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) víz- és kloridbehatolással járó környezeti osztály;
- XA1, XA2, XA3 agresszív talajvíz behatolásával járó környezeti osztály;
- XA4(H), XA5(H), XA6(H) agresszív vizek és folyadékok behatolásával járó környezeti osztály;
- XK1(H), XH2(H), XK3(H), XK4(H) betonfedés vastagsága csökkenésével járó környezeti osztály. A betonfedés vastagsága kopási igénybevétel okozta csökkenésének káros hatását az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázatához tartozó (13) megjegyzés szerint, és Németországban kémiai korrózió veszélye esetén is a kopásálló adalékanyag alkalmazásának alternatívájaként a c_{nom} névleges betonfedéshez hozzáadandó Δc_{Opfer} vastagságú betonfedéspalást (Opferbeton) alkalmazásával igyekeznek kiküszöbölni (DIN 1045-1:2008, DBV Merkblatt „Chemischer Angriff” 2014 és 2017), ami indokolja az XK(H) környezeti osztályok 5.3. – 5.8. táblázatban való szerepeltetését;
- XV1(H)/V0, XV1(H), XV2(H) és XAV3(H) nedvesség-, illetve vízbehatolással járó környezeti osztály.

5.3. táblázat: Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében az ① jelű módosítási feltételcsoport („alapeset”) esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

① jelű feltételcsoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és - a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:	S3		
	50 év		S4		
	100 év		S6		
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legfeljebb</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C40/50	C35/45	C30/37	C40/50
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C45/55	C35/45	C45/55	C35/45
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)

Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C40/50	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H) XV1(H)/V0	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C45/55	C50/60	C30/37	C35/45	

5.4. táblázat: Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ② vagy ③ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

② jelű feltételcsoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és - a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
③ jelű feltételcsoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és - a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év		akkor a szerkezeti osztály:	S2	
	50 év			S3	
	100 év			S5	
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legfeljebb</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C40/50	C35/45	C30/37	C40/50
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C45/55	C35/45	C45/55	C35/45
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)

Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C40/50	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H) XV1(H)/V0	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C45/55	C50/60	C30/37	C35/45	

5.5. táblázat: Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ④ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

④ jelű feltétel-csoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és - a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:	S1		
	50 év		S2		
	100 év		S4		
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legfeljebb</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C40/50	C35/45	C30/37	C40/50
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C45/55	C35/45	C45/55	C35/45
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C40/50	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H), XV1(H)/V0	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C45/55	C50/60	C30/37	C35/45	

5.6. táblázat: Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében az ⑤ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

⑤ jelű feltétel-csoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és - a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:	S2		
	50 év		S3		
	100 év		S5		
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legalább</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C45/55	C40/50	C35/45	C45/55
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C50/60	C40/50	C50/60	C40/50
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C45/55	C40/50	C45/55	C40/50	C45/55
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H), XV1(H)/V0	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C50/60	C55//67	C35/45	C40/50	

5.7. táblázat: Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ⑥ vagy ⑦ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

⑥ jelű feltételcsoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és - a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
⑦ jelű feltételcsoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és - a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:	S1		
	50 év		S2		
	100 év		S4		
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legalább</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Környezeti osztály	XD1	XD2, XD3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C45/55	C40/50	C35/45	C45/55
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C50/60	C40/50	C50/60	C40/50
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C45/55	C40/50	C45/55	C40/50	C45/55
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H) XV1(H)/V0	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C50/60	C55//67	C35/45	C40/50	

5.8. táblázat: Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ⑧ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

⑧ jelű feltétel-csoport	- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és - a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és - az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és - az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:	S1		
	50 év		S1		
	100 év		S3		
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legalább</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Környezeti osztály	XD1	XD2, XD3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C45/55	C40/50	C35/45	C45/55
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C50/60	C40/50	C50/60	C40/50
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C45/55	C40/50	C45/55	C40/50	C45/55
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H) XV1(H)/V0	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C50/60	C55//67	C35/45	C40/50	

Az építményt minden elemével nem feltétlenül szükséges egy szerkezeti osztályba sorolni, a szerkezeti elemek egy építményen belül külön szerkezeti osztályokba is tartozhatnak. Például a monolit vasbeton szerkezeti elem más körülmények között, kedvezőtlenebb betonösszetétellel készülven várhatóan rövidebb használati élettartamú lesz, mint amilyen élettartamúra az előregyártott vasbetonelem tervezhető.

Összegezve: A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a tervezési élettartam függvényében a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedésének ($c_{min,dur}$) mértékét határozzák meg. Ebből következik, hogy szerkezeti osztályba csak a vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket szükséges besorolni, és az ezekhez nem illeszthető környezeti osztályok esetén (XN(H), XOb(H), XVI(H)) betonfedésről vagy szerkezeti osztályról beszélni felesleges, de a környezeti hatások erősségének MSZ EN 13369:2024 szabvány szerinti csoportjaiba ezek a környezeti osztályok is besorolhatók.

A szerkezeti osztály függvénye a beton tervezési élettartamának.

Az 50 év tervezési élettartamú, a környezeti osztályokhoz tartozó nyomószilárdsági osztályú betonok az S4 szerkezeti osztályba sorolandók, és ez a tervezési élettartam – szerkezeti osztály társítás, mint „alapeset” viszonyítási alapként szolgál.

Ha beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *kiemelt szintű*, vagy a beton *lemezalakú* szerkezeti elem részére készül, vagy a beton erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztálya legalább két fokozattal nagyobb a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, akkor a szerkezeti osztály fokozatát az „alapeset”-hez viszonyítva módosítani szabad.

Kiemelt szintű minőségellenőrzés alatti betongyártásnak a telepített betonelemgyári és az építéshelyi előregyártó-üzemi betonelem-, vasbetonelem- és feszített vasbetonelem-előregyártás tekinthető.

Valamely építmény vasbeton, feszített vasbeton szerkezeti elemeit célszerű az építési lehetőségekhez igazodva külön szerkezeti osztályokba sorolni. Várható, hogy az alacsonyabb szerkezeti osztályba tartozó szerkezeti elemek használati élettartama rövidebb lesz, mint a magasabb szerkezeti osztályba sorolt szerkezeti elemek használati élettartama. Ezek korábbi javítása vagy cseréje azonban valószínűleg inkább vállalható, mint a szerkezet egyidejű korai tönkremenetelének kockázata.

6. BETONFEDÉS**6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE**

Lásd ennek 32. oldalát: DAfStb Heft 622. (2016) Greve-Dierfeld, S. M. v.

A betonfedést betontakarásnak is szokták nevezni.

A betonfedésről az utóbbi időben sokat beszélünk, mert előírt értéke jelentősen megnövekedett. Megfelelő – kellő tömörségű, vastagságú, együttdolgozó és repedésmentes – betonfedés alkalmazása a vasbeton, illetve feszített vasbeton szerkezetek tartósságának egyik alapvető feltétele. A betonfedés alkalmazásának célja, hogy az acéltapadás révén az erőátadás megfelelő legyen, a tartósság érdekében kellően védje az acélbetétet a korróziótól, és megfelelő tűzbiztonságot eredményezzen.

A betonfedés vasbeton vagy feszített vasbeton esetén az acélbetét szélső pontja és a szerkezeti elem legközelebbi felülete közötti betonréteg vastagsága, illetve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.1. szakasza (1)P pontjának megfogalmazásában „a vasalás (beleértve – ha vannak ilyenek – az összekötő vasalást, a kengyeleket és a kéregvasalást is) legközelebbi betonfelület felé eső felületének és a legközelebbi betonfelületnek a távolsága”.

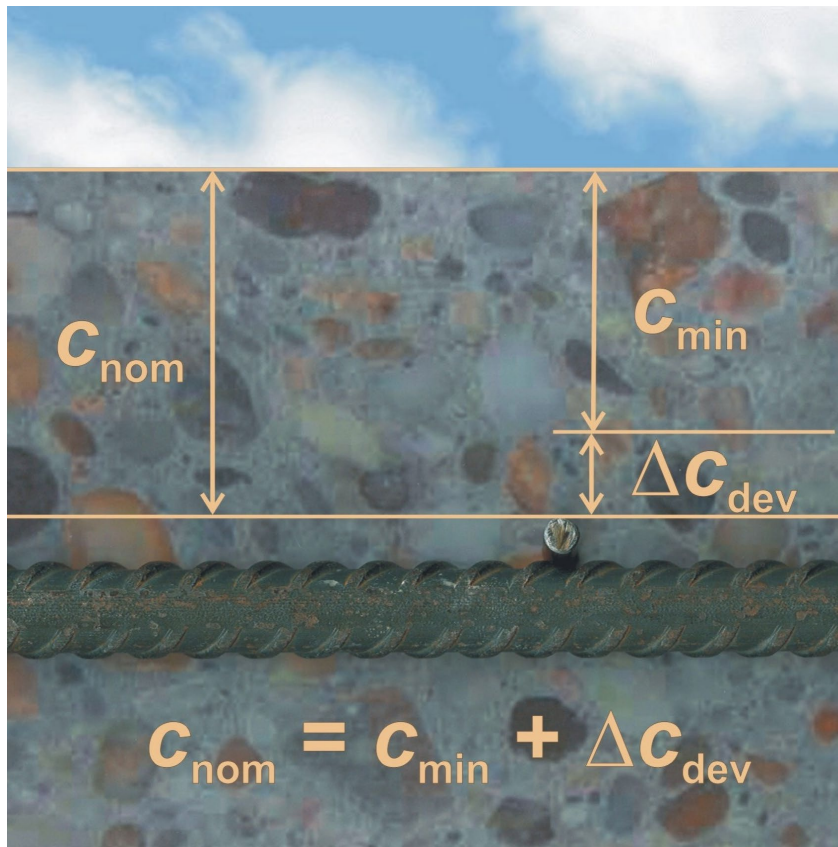
Az acélbetét korrózióvédelmét illetően a betonfedés szerepe kettős. Egyrészt az acélbetét korrózióját okozó klorid- vagy más ionok, és a karbonátosodás annál nehezebben, illetve később éri el az acélbetétet, minél vastagabb és minél kevésbé áteresztő a betonfedés, másrészt az acélkorrózió annál lassúbb, minél kevesebb oxigén és nedvesség jut az acélbetétéhez, és minél kisebb a beton elektrolitos vezetőképessége. Ezt a szerepet a betonfedés akkor tölti be, ha kis víz-cement tényező, megfelelő finomrésztartalom, jó betonbedolgozás és utókezelés folytán kellően tömör, és ha megfelelő vastagságú.

Ennek érdekében a szabványokban a szükséges névleges betonfedést (c_{nom}) előírják, és azt a szerkezeti terveken fel kell tüntetni. Az előírt névleges betonfedést nem csak be kell tartanunk, hanem a beton összetételének meghatározásához ismernünk is kell, mert az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagysága (D_{max}) legfeljebb a névleges betonfedés (c_{nom}) kétharmada lehet, és nem lehet nagyobb, mint az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{min,dur}$) – könnyűbeton esetén, az XC1 környezeti osztály kivételével, mint az 5 mm-rel megnövelt $c_{min,dur}$ előírt legkisebb tartóssági betonfedés –, amelyre a környezeti hatások miatt van szükség (MSZ 4798:2016).

A c_{min} előírt legkisebb betonfedésre a tapadási erők biztonságos átadódása, az acélbetétek korrózióvédelme, a tűz elleni védelem érdekében van szükség (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (1) bekezdése). Ugyanezen szabvány (2) bekezdése értelmében a c_{min} érték a tapadási követelmény miatt szükséges ($c_{min,b}$, a „b” index a tapadásra „bond” utal) és a környezeti hatások miatt a betonacél és feszítőacél korrózióvédelme és kopásállósága céljából szükséges ($c_{min,dur}$, a „dur” index a tartósságra „durability” utal) legkisebb tartóssági betonfedés közül a nagyobb, és legalább 10 mm.

Más szóval: A c_{min} előírt legkisebb betonfedés az acélbetét tapadása miatt szükséges legkisebb betonfedés ($c_{min,b}$), a környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{min,dur}$), illetve 10 mm közül a nagyobb érték:

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}\}$$



6.1. ábra: Betonfedés
Az előírt névleges betonfedés (c_{nom}) az előírt legkisebb betonfedés (c_{min}) és a kötelező ráhagyás (Δc_{dev} , a „dev” index a „deviation” szó rövidítése) összege (6.1. ábra):

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (3) bekezdése és a nemzeti melléklet ehhez tartozó NA3.1.1. szakasza szerint az acélbetét tapadási követelmény miatt szükséges legkisebb betonfedés ($c_{\text{min,b}}$) nem lehet kisebb, mint a betonacél átmérője vagy a betonacél-köteg átmérője, illetve előfeszített betétek alkalmazása esetén a sima felületű feszítőhuzal vagy a pászma névleges átmérőjének másfélszerese vagy a rovátkolt felületű feszítőhuzal átmérőjének két és félszerese. Tapadásos utófeszített betétek alkalmazása esetén a $c_{\text{min,b}}$ érték a kör keresztmetszetű kábelcsatorna külső átmérőjénél nagyobb vagy azzal egyenlő, de legfeljebb 80 mm legyen. Ha a kábel csatorna téglalap keresztmetszetű, amelynek oldalai a , illetve b hosszúságúak (és $a \leq b$), akkor a $c_{\text{min,b}}$ érték a $\max(a, b/2)$ értéknél nagyobb vagy azzal egyenlő, de ugyancsak legfeljebb 80 mm legyen. Ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 32 mm-nél nagyobb, akkor a $c_{\text{min,b}}$ betonfedés értékét célszerű 5 mm-rel megnövelni; az MSZ 4798:2016 szabvány szerint pedig az előírt legkisebb tartóssági betonfedést ($c_{\text{min,dur}}$) kell a NAD N1. és NAD N2. táblázatbeli értékekhez képest 5 mm-rel megnövelni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 11.4.2. szakaszának (1) bekezdése szerint a könnyű adalékanyagos beton $c_{\text{min,b}}$ acélbetét tapadási követelménye miatt szükséges előírt legkisebb betonfedése a szokványos (normál) testsűrűségű adalékanyagos beton $c_{\text{min,b}}$ előírt legkisebb betonfedésénél 5 mm-rel több.

Feszítőacélok esetén a lehorgonyzások legkisebb betonfedését általában a megfelelő európai műszaki engedély szerint kell biztosítani, olvasható az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (4) bekezdése alatt. Az európai műszaki engedély (ETA) szerepét az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének értelmében napjainkban az európai műszaki értékelés tölti be.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (5) bekezdése a környezeti hatások miatt a betonacél korrózióvédelme érdekében szükséges ($c_{\text{min,dur}}$) legkisebb tartóssági

betonfedéseket a különböző környezeti osztályokra a szerkezeti osztályok függvényében adja meg. A szabvány 4.4N táblázatában a betonacélok esetén, a 4.5N táblázatában a feszítőacélok esetén alkalmazandó legkisebb tartóssági betonfedések találhatók. Az előírt legkisebb tartóssági betonfedéseket ($c_{\min, \text{dur}}$) a 6.1. és 6.2. táblázatban mutatjuk be, amelyekben az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N és 4.5N táblázatában nem szereplő, de az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD N1. és NAD N2. táblázatában előírt értékeit is feltüntettük.

A $c_{\min, \text{dur}}$ előírt legkisebb tartóssági betonfedésre vonatkozó adatok annak feltételezésével érvényesek, hogy a betonacél és a feszítőacél külön védelemmel el nem látott, ötvözetlen (nem rozsdamentes) szénacél. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (7) bekezdéséhez a nemzeti melléklet NA3.1.4. szakasza hozzáfűzi, hogy korrózióálló acélok alkalmazása esetén a legkisebb betonfedést csökkentő $\Delta c_{\text{dur, st}}$ (a „st” index a rozsdamentes acélra „stainless steel” utal) összetevő értékét $\Delta c_{\text{dur, st}} = 5$ mm-re kell felvenni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (8) bekezdéséhez kapcsolódik a nemzeti melléklet NA3.1.5. szakasza, amely szerint a bevonattal ellátott beton legkisebb betonfedését a bevonat típusától és vastagságától függően $\Delta c_{\text{dur, add}}$ (az „add” index a kiegészítő védelemre „additional protection” utal) értékkel szabad csökkenteni, de a csökkentés legfeljebb 20 mm lehet, és a csökkentés indokoltságát független laboratórium vizsgálati eredményeivel kell igazolni. E csökkentési javaslat észszerűsége vitatható, és az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány nem is teszi lehetővé.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány nemzeti alkalmazáshoz fűzött függelékében azt is jelzik, hogy a szabvány 4.4.1.2. szakaszának a kopásálló beton legkisebb betonfedésével ($c_{\min}$) foglalkozó (13) bekezdéséhez várhatóan születik nemzeti alkalmazási kiegészítés.

A környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$) értéke a tervezési élettartamtól függő szerkezeti osztály függvénye (lásd e könyv 5. fejezetét).

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (9) bekezdése szerint, ha a helyszíni betont előregyártott vagy helyszíni betonelemre betonozzák, akkor az érintkezési felülettől mért legkisebb betonfedést ($c_{\min, b}$) a tapadási követelménynek megfelelő értékig (tehát az acélbetét átmérőjéig stb., lásd a szabvány 4.4.1.2. szakaszának (3) bekezdését és a nemzeti melléklet ehhez tartozó NA3.1.1. szakaszát) csökkenteni lehet, ha a beton szilárdsági osztálya legalább C25/30, az érintkezési felület kültéri környezeti hatásoknak rövidebb ideig van kitéve, mint 28 nap és az érintkezési felület durvított. E feltételeknek feltehetőleg egyidejűleg kell fennállniuk.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (13) bekezdése azt ajánlja, hogy kopásálló betonok esetén a legkisebb betonfedést ($c_{\min}$), ha a koptató hatás mérsékelt (például kisebb gumikerekű járművek által gyakran használt ipari területek), akkor 5 mm-rel, ha erős (például felfűjt vagy tömör gumikerekű targoncák által gyakran használt ipari területek), akkor 10 mm-rel, ha rendkívül erős (például műanyag vagy acél kerekű targoncák vagy tehergépjárművek által gyakran használt ipari területek), akkor 15 mm-rel növeljük meg.

A méreteltéréseket figyelembe vevő kötelező ráhagyás (Δc_{dev}) értékére az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.3. szakaszának (1) és (2) bekezdése, valamint NA3.2.1. nemzeti szakasza 10 mm-t jelöl meg. Az MSZ 4798:2016 szabvány (12) bekezdése szerint – követve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.3. szakaszának (3) bekezdését – a kötelező ráhagyást (Δc_{dev}) akkor szabad 10 mm-ről legfeljebb 5 mm-re csökkenteni, ha a minőségellenőrzési eljárással annak indokoltsága és betartása dokumentált formában igazolt, és legfeljebb nulla csökkenteni (például az előregyártás során) akkor, ha az ellenőrzéshez használt hosszmérőeszköz nagy pontosságú, és a nemmegfelelő terméket nem hozzák forgalomba.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

Az acélbetét-korrózió a betonacél, illetve feszítőacél védelmével vagy rozsdamentes acél alkalmazásával elkerülhető.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

6.1. táblázat: Az előírt legkisebb tartóssági betonfedések ($c_{\min, \text{dur}}$) külön védelemmel el nem látott, MSZ EN 10080:2005 szerinti *hegeszthető betonacélok esetén* (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint)

Szerkezet osztály	Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Környezeti osztály							
	X0v(H)	XC1	XC2 XC3 XV1(H)/V0	XC4 XF1 XV2(H)	XD1 XS1 XF2 XF3 XA1 XK1(H) XV3(H)	XD2 XS2 XF2(H) XF3(H) XF4 XA2 XA4(H) XK2(H)	XD3 XS3 XF4(H) XA3 XA5(H) XK3(H)	XA6(H) XK4(H)
Előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$) betonacélok esetén, mm								
S1	10	10	10	15	20	25	30	35
S2	10	10	15	20	25	30	35	40
S3	10	10	20	25	30	35	40	45
S4	10	15	25	30	35	40	45	50
S5	15	20	30	35	40	45	50	55
S6	20	25	35	40	45	50	55	60

Megjegyzés:

- E táblázat annyiban különbözik az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N1. táblázatától, hogy helyet kapott benne az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban szereplő XV0(H) környezeti osztály, és az XV3(H) környezeti osztály helye pedig figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét megváltozott (lásd a 10.1. táblázatot és az MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázatát, valamint az XV1(H)/V0 környezeti alosztályra vonatkozólag az MSZ 4798:2016/2M:2018, illetve MSZ 4798:2016/4M:2023 szabványt).
- XN(H), X0b(H) és XV1(H) környezeti osztályú betonból vasbeton szerkezetet készíteni nem szabad (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete), ezért jele ebben a táblázatban nem szerepel.
- Vasbeton szerkezet készítéséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

Egyenetlen felületekre történő építéshelyi betonozás esetén a nagyobb méreteltérésekre való tekintettel az előírt legkisebb betonfedést ($c_{\min}$) vagy a névleges betonfedést (c_{nom}) a tervezéskor általában meg kell növelni. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (11) bekezdése szerint az egyenetlen felületű betonok (például mosottbeton) előírt legkisebb betonfedését ($c_{\min}$) célszerű 5 mm-rel megnövelni. A szabvány 4.4.1.3. szakaszának (4) bekezdése azt ajánlja, hogy ha a felületkiegyenlítéssel előkészített talajra betonoznak, akkor a névleges betonfedés (c_{nom}) legalább 40 mm, ha közvetlenül a talajra betonoznak, akkor legalább 75 mm legyen. Ezt a nemzeti melléklet NA3.2.3. szakasza azzal egészíti ki, hogy ha előkészített talajra betonoznak, akkor a névleges betonfedés $c_{\text{nom}} = c_{\min} + 15$ mm, ha közvetlenül a talajra betonoznak, akkor $c_{\text{nom}} = c_{\min} + 40$ mm legyen.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

A $c_{\min, \text{dur}}$ előírt legkisebb tartóssági betonfedés módosulása a szerkezeti osztály módosításának vonzata, amelyet e könyv 5. fejezetében tárgyalunk.

A 2014. október 1-én visszavont MSZ 4798-1:2004 nemzeti szabvány NAD II. táblázatában megadott betonfedések az S3 szerkezeti osztálynak feleltek meg, holott az akkor érvényes prEN 1992-1-1:2003 szabvány az 50 év tervezési élettartamú betonokat az S4 szerkezeti osztályba javasolta sorolni. Ezáltal a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány az X0 környezeti osztály kivételével 5 mm-rel kisebb legkisebb tartóssági betonfedést ($c_{\min, \text{dur}}$) követelt meg, mint az akkori prEN 1992-1-1:2003 és a mai MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány vagy mint amekkorát az eltérést korrigáló MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány ma előír (6.3. táblázat).

6.2. táblázat: Az előírt legkisebb tartóssági betonfedések ($c_{\min, \text{dur}}$) prEN 10138-1:2000 szerinti *feszítőacélok esetén* (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon)

Szerkezeti osztály	Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)						
	B	C	D	E	F	G	H
	Környezeti osztály						
	XC1	XC2 XC3 XV1(H)/V0	XC4 XF1	XD1 XS1 XF2 XF3 XA1 XK1(H) XV3(H)	XD2 XS2 XF2(H) XF3(H) XF4 XA2 XA4(H) XK2(H)	XD3 XS3 XF4(H) XA3 XA5(H) XK3(H)	XA6(H) XK4(H)
Előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$) feszítőacélok esetén, mm							
S1	15	20	25	30	35	40	45
S2	15	25	30	35	40	45	50
S3	20	30	35	40	45	50	55
S4	25	35	40	45	50	55	60
S5	30	40	45	50	55	60	65
S6	35	45	50	55	60	65	70

Megjegyzés:

- E táblázat annyiban különbözik az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N2. táblázatától, hogy helyet kapott benne az **MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban szereplő XV0(H) környezeti osztály** (az **MSZ 4798:2016/4M:2023 szabványban** XV1(H)/V0 környezeti alosztály), és az XV3(H) környezeti osztály helye pedig figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét megváltozott (lásd a 10.1. táblázatot és az MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázatát, valamint az XV1(H)/V0 környezeti alosztályra vonatkozólag az MSZ 4798:2016/2M:2018, illetve MSZ 4798:2016/4M:2023 szabványt).
- XN(H), X0b(H), X0v(H), XV1(H) és XV2(H) környezeti osztályú betonból feszített vasbeton szerkezetet készíteni nem szabad (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete), ezért jelük ebben a táblázatban nem szerepel
- Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez általában legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

- Az 50 év tervezési élettartamú, S4 szerkezeti osztályú szokványos vasbeton és feszített vasbeton szerkezet legkisebb tartóssági betonfedésének ($c_{\min, \text{dur}}$) és kötelező ráhagyásának (Δc_{dev}) MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti szükséges mértékét a 6.3. táblázatban,
- az 100 év tervezési élettartamú, S6 szerkezeti osztályú szokványos szerkezetét a 6.4. táblázatban,
- az 50 év tervezési élettartamú, S3 szerkezeti osztályú szerkezetét, amelynek az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztálya a környezeti osztály feltétele szerintinél legalább két osztállyal nagyobb, vagy a minőségellenőrzési szintje kiemelt, a 6.5. táblázatban,
- az 100 év tervezési élettartamú, S5 szerkezeti osztályú szerkezetét, amelynek az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztálya a környezeti osztály feltétele szerintinél legalább két osztállyal nagyobb, vagy a minőségellenőrzési szintje kiemelt, a 6.6. táblázatban tüntették fel.

Az < 50 év tervezési élettartamú vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet legkisebb tartóssági betonfedése ($c_{\min, \text{dur}}$) – az X0 és X0v(H) környezeti osztályú beton kivételével – 5 mm-rel kisebb, mint az 50 év tervezési élettartamú szerkezet legkisebb tartóssági betonfedése.

Ha a vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezeti elem lemezalakú, és a vasalás helyzetét nem befolyásolja az építési (kivitelezési) módszer, akkor a legkisebb tartóssági betonfedés az egyébként előírt értékhez képest 5 mm-rel, de legfeljebb 10 mm-re csökkenthető.

A 6.3. – 6.6. táblázatban azokban a környezeti osztályokban alkalmazandó betonfedések is szerepelnek, amelyek az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N – 4.5N táblázatában nem találhatók meg, de értéküket az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD N1. és NAD N2. táblázatában megadják.

Az 50 év tervezési élettartamú előregyártott termékek MSZ EN 13369:2024 szabvány A.2. táblázata szerinti **Ellenőrzendő** előírt legkisebb tartóssági betonfedését ($c_{\min, \text{dur}}$) a környezeti osztályok függvényében a 6.7. táblázatban tüntették fel. Ha az erőtani számítás szerinti nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint előírtnál ($C_{\min}$) legalább két fokozattal nagyobb (C_0), akkor a $\geq C_0$ oszlopbeli, egyébként a $< C_0$ oszlopbeli legkisebb tartóssági betonfedéseket ($c_{\min, \text{dur}}$) kell alkalmazni.

6.3. táblázat: A betonfedés szükséges mértéke **50 év** tervezési élettartamú, **S4 szerkezeti osztályú szokványos szerkezet** esetén, és **100 év tervezési élettartamú szerkezet** esetén, ha az **utóbbi lemezalakú, és a vasalás helyzetét nem befolyásolja az építési (kivitelezési) módszer, valamint az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál legalább két fokozattal nagyobb** (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{\min, \text{dur}}$ mm		Kötelező ráhagyás Δc_{dev} , mm
		Betonacél	Feszítőacél	
A	X0v(H)	10	10	10
B	XC1	15	25	10
C	XC2, XC3, XV1(H)/V0	25	35	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*	30	40	10

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	35	45	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	40	50	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	45	55	10
H	XA6(H), XK4(H)	50	60	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtanai számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*.

* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:2016 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 11.4. szakasza szerint a *könnyűbetonok* legkisebb betonfedése 5 mm-rel legyen nagyobb, mint a szokványos (normál) betonokra előírt érték.

Ha valamely *előregyártott vasbeton*, illetve *előfeszített vasbetonelem* esetén a 6.1. – 6.6. táblázat szerinti $c_{min,dur}$ előírt legkisebb betonfedést szerkezettervezési okokból biztosítani nem lehet, akkor annak tervezési élettartama és a hozzá tartozó $c_{min,dur}$ előírt legkisebb betonfedés az MSZ EN 13369:2024 szabvány vagy az előregyártott vasbeton, illetve feszített vasbetonelem termékszabványa szerinti legyen.

Az előregyártott vasbeton és előfeszített vasbetonelemek tartóssági betonfedésével ($c_{min,dur}$) – az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. szakaszában megadott alapelvek érvényre juttatása érdekében – az MSZ EN 13369:2024 szabvány A melléklete foglalkozik, amely a következő környezeti feltételeket ismeri: *A* (az acélbetétre nézve nincs korrózióveszély, X0), *B* (az acélbetét korrózióveszélye gyenge, XC1), *C* (az acélbetét korrózióveszélye mérsékelt, XC2 – XC3), *D* (az acélbetét korrózióveszélye közepes, XC4), *E* (az acélbetét korrózióveszélye erős, XD1 – XS1), *F* (az acélbetét korrózióveszélye nagyon erős, XD2 – XS2), *G* (az acélbetét korrózióveszélye rendkívül erős, XD3 – XS3). Az MSZ EN 13369:2024 szabvány A.2. táblázatában a szükséges $c_{min,dur}$ legkisebb betonfedéseket e környezeti feltételek függvényében adták meg. Az előregyártásban szükséges legkisebb betonfedéseket a 6.7. táblázatban mutatjuk be, amelyben az MSZ EN 13369:2024 szabványbeli környezeti feltételeket a hiányzó MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2017 szabványbeli környezeti osztályokkal – hasonlóan az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatához – kiegészítettük, és az XV(H) környezeti osztályok helyét – figyelembe véve a víznyomás és vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét – megváltoztattuk (lásd e könyv 10.8. táblázatát is).

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

6.4. táblázat: A betonfedés szükséges mértéke **100 év** tervezési élettartamú, **S6** szerkezeti osztályú szokványos szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{min,dur}$ mm		Kötelező ráhagyás Δc_{dev} , mm
		Betonacél	Feszítőacél	
A	X0v(H)	20	20	10
B	XC1	25	35	10
C	XC2, XC3, XV1(H)/V0	35	45	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*	40	50	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	45	55	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	50	60	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	55	65	10
H	XA6(H), XK4(H)	60	70	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű*;
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*.

* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

6.5. táblázat: A betonfedés szükséges mértéke **50 év** tervezési élettartamú, **S3** szerkezeti osztályú szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{min,dur}$, mm		Kötelező ráhagyás Δc_{dev} , mm
		Betonacél	Feszítőacél	
A	X0v(H)	10	10	10
B	XC1	10	20	10
C	XC2, XC3, XV1(H)/V0	20	30	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*	25	35	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	30	40	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	35	45	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	40	50	10
H	XA6(H), XK4(H)	45	55	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal *nagyobb* a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *kiemelt szintű* (telepített betonelemgyár és építéshelyi előregyártó-üzem) és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*.

* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

6.6. táblázat: A betonfedés szükséges mértéke **100 év** tervezési élettartamú, **S5** szerkezeti osztályú szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósi környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{min,dur}$ mm		Kötelező ráhagyás Δc_{dev} , mm
		Betonacél	Feszítőacél	
A	X0v(H)	15	15	10
B	XC1	20	30	10
C	XC2, XC3, XV1(H)/V0	30	40	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*,	35	45	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	40	50	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	45	55	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	50	60	10
H	XA6(H), XK4(H)	55	65	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal *nagyobb* a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *kiemelt szintű* (telepített betonelemgyár és építéshelyi előregyártó-üzem) és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*

* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

6.7. táblázat: Kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett gyártott előregyártott vasbetonelemek szükséges legkisebb tartóssági betonfedése ($c_{\min, \text{dur}}$) mm-ben, a korrózióvédelem érdekében, az MSZ EN 13369:2024 szabvány A melléklete (amely tájékoztatás), valamint az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2017 szabvány N melléklete (amely tájékoztatás) szerint, az XV(H) vízzáróssági környezeti osztályok tekintetében e könyv a 6.1. és 6.2. táblázatának felfogásában

MSZ EN 13369:2024	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018	Betonacélok lemezben		Betonacélok egyéb szerkezetben		Előfeszített betétek lemez szerkezetben		Előfeszített betétek egyéb szerkezetben	
		$\geq C_0$	$< C_0$ ($C_{\min}$)	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ($C_{\min}$)	$\geq C_0$	$< C_0$ ($C_{\min}$)	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ($C_{\min}$)
		E könyv 5.1. ábrája szerinti feltétel csoport jele, a szerkezeti osztály 50 év tervezési élettartam esetén (S...) és a megfelelő szerkezeti osztály táblázat száma (t.) e könyvben							
		⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.	⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.
		MSZ 4798 NAD N1. táblázat				MSZ 4798 NAD N2. táblázat			
Környezeti feltételek az előregyártásban és környezeti osztály ³⁾		Nyomószilárdsági osztály ($C_{\min}$ és C_0) ²⁾ és előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min, \text{dur}}$), mm							
<i>A</i> X0 ⁴⁾	X0 ⁴⁾ , X0v(H) ⁴⁾	$C_{\min} = C20/25$ $C_0 = C30/37$							
		10	10	10	10	10	–	10	–
<i>B</i> XC1	XC1	$C_{\min} = C20/25$ $C_0 = C30/37$							
		10	10	10	10	15	–	15	–
<i>C</i> XC2, XC3	XC2, XV1(H)/V0	$C_{\min} = C25/30$ $C_0 = C35/45$							
		10	15	15	20	20	25	25	30
–	XC3	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		10	15	15	20	20	25	25	30
<i>D</i> XC4	XC4, XF1, XV2(H) ⁵⁾	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		15	20	20	25	25	30	30	35
–	XF2	$C_{\min} = C25/30$ $C_0 = C35/45$							
		20	25	25	30	30	35	35	40
<i>E</i> XD1, XS1	XD1, XS1, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		20	25	25	30	30	35	35	40
<i>F</i> XD2, XS2	XF4, XA2, XA4(H),	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		25	30	30	35	35	40	40	45
–	XD2, XS2, XF2(H), XK2(H)	$C_{\min} = C35/45$ $C_0 = C45/55$							
		25	30	30	35	35	40	40	45
	XF3(H)	$C_{\min} = C40/50$ $C_0 = C50/60$							
		25	30	30	35	35	40	40	45
–	XA5(H),	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		30	35	35	40	40	45	45	50

A 6.7. táblázat folytatódik

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

A 6.7. táblázat folytatása

MSZ EN 13369:2024	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018	Betonacélok lemezben		Betonacélok egyéb szerkezetben		Előfeszített betétek lemez szerkezetben		Előfeszített betétek egyéb szerkezetben	
		$\geq C_0$	$< C_0$ ($C_{\min}$)	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ($C_{\min}$)	$\geq C_0$	$< C_0$ ($C_{\min}$)	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ($C_{\min}$)
		E könyv 5.1. ábrája szerinti feltétel csoport jele, a szerkezeti osztály 50 év tervezési élettartam esetén (S...) és a megfelelő szerkezeti osztály táblázat száma (t.) e könyvben							
		⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.	⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.
		MSZ 4798 NAD N1. táblázat				MSZ 4798 NAD N2. táblázat			
		Környezeti feltételek az előregyártásban és környezeti osztály ³⁾							
G XD3, XS3	XD3, XS3, XA3	Nyomószilárdsági osztály ($C_{\min}$ és C_0) ²⁾ és előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{\min,dur}$), mm							
		$C_{\min} = C35/45$				$C_0 = C45/55$			
		30	35	35	40	40	45	45	50
		$C_{\min} = C40/50$				$C_0 = C50/60$			
		30	35	35	40	40	45	45	50
	XA6(H)	$C_{\min} = C35/45$				$C_0 = C45/55$			
		35	40	40	45	45	50	50	55
	XK4(H)	$C_{\min} = C45/55$				$C_0 = C55/67$			
		35	40	40	45	45	50	50	55

Megjegyzés:

- 1) E táblázatban szereplő $< C_0$ előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{min,dur}$) értékek – ha nem lemezszerkezetről van szó – a monolitbetonok (nincs kiemelt szintű minőségellenőrzés) esetén érvényes MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD N1., illetve NAD N2. táblázatában található – nem lemezszerkezetre vonatkozó – értékeknél 5 mm-rel kisebbek, mert az MSZ EN 13369:2024 szabvány előregyártott, kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett készült szerkezeti elemek betonjára vonatkozik.
- 2) A C_{min} az előregyártott vasbeton, illetve feszített vasbetonelemek környezeti osztályához tartozó legkisebb előírt beton nyomószilárdsági osztály, a C_0 a környezeti osztály szerint előírtnál (C_{min}) legalább kettővel nagyobb nyomószilárdsági osztály. Ha a betont fagyhatás (XF, XF(H) környezeti osztály) vagy kémiai hatás (XA, XA(H) környezeti osztály) éri, akkor a beton összetételét különös gonddal kell megtervezni.
- 3) Vasbeton szerkezetet XN(H), X0b(H) és XV1(H) környezeti osztályú betonból készíteni nem szabad (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete), ezért ebben a táblázatban nem szerepel.
- 4) Vasbeton szerkezet készítéséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség, feszített vasbeton szerkezetet legalább C35/45 nyomószilárdságú betonból célszerű készíteni. Lásd még a feszített vasbeton fogalmát e könyv 1.4. fejezetében.
- 5) Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XN(H), X0b(H), X0v(H), XV1(H) és XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete).

Az előregyártott termék gyártója megfelelő intézkedésekkel a nemzeti mellékletben előírtnál kisebb Δc_{dev} kötelező ráhagyás értékeket is alkalmazhat és megadhat.

Magyarázatra szorul, hogy e könyv 6. és 10. fejezetében miért tartoznak az XV(H) vízzárósági környezeti osztályokhoz más betonfedések, mint az MSZ 4798:2016 szabványban:

- Az MSZ 4798:2016 szabvány N mellékletében (tájékoztatás) az a felfogás jelenik meg, amely szerint jobb vízzáróságú beton esetén a rosszabb vízzáróságú beton betonfedéséhez képest kisebb $c_{min,dur}$ legkisebb betonfedést is elég alkalmazni; azaz a betonfedés vastagsága egyenes arányban álljon a megengedett legnagyobb vízbehatolás mértékével, és fordított arányban álljon a szerkezeti elemre ható vízoszlop nyomásának nagyságával (6.8. táblázat).
- E könyvben követett alternatív felfogás szerint egyrészt a nagyobb szerkezeti vízoszlop nyomáshoz rendelt jobb vízzáróságú betont a kisebb szerkezeti vízoszlop nyomáshoz tartozó rosszabb vízzáróságú beton betonfedéséhez képest nagyobb $c_{min,dur}$ legkisebb betonfedéssel kell ellátni; azaz a betonfedés vastagsága fordított arányban álljon a megengedett legnagyobb vízbehatolás mértékével, és egyenes arányban álljon a szerkezeti elemre ható vízoszlop nyomásának nagyságával (6.8. táblázat); másrészt a 6.3.-6.7. és 10.8. táblázatban látni, hogy a betonfedések MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti rendjében a betonfedés a környezeti hatások erősödésével (A $\rightarrow$ H, környezeti hatások erősségének csoportja) növekszik, amely szabály alól a vízzárósági környezeti osztályokat sem célszerű kivonni.

Az XV2(H) környezeti osztályú vízzáró beton $c_{min,dur}$ előírt legkisebb tartóssági betonfedése a 6.3.-6.7. táblázatban kisebb, mint az MSZ 4798:2016 szabványban, és kisebb még az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerinti vízbehatolás legnagyobb egyedi értékénél is. Mentségünkre szolgáljon, hogy a szerkezetbe beépített vasbetonra – igaz hogy tartósan – ható víznyomás értéke legfeljebb 1,0 bar, míg az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint vizsgált próbatestre – igaz hogy rövid ideig – ható víznyomás értéke 5,0 bar³¹³; és tapasztalatok szerint az sem nagy baj, ha az acélbetét állandóan vizes környezetben (és ezt különböztessük meg a nedves környezettől) van, mert kevesebb oxigénhez jutván nem, vagy kevésbé korrodál, mint a szabad levegőn (Lohmeyer et al., 2009).

³¹³ A többfokozatú víznyomást alkalmazó visszavont MSZ 4715-3:1972 vizsgálati szabvány, illetve MSZ 4719:1982 betonszabvány vízzáróság vizsgálatot módosító melléklete annyival volt összetettebb az 5,0 bar (500±50 kPa) víznyomást alkalmazó MSZ EN 12390-8:2009 szabványnál, hogy alkalmazása ösztönzően hatott ismételt vizsgálatokkal a vízbehatolás mélysége és a víznyomás mértéke összefüggésének tanulmányozására, az összefüggés grafikus ábrázolására, amelynek elhelyezkedése és meredeksége a betonfedés szükséges vastagságának tervezését segítő többletadat. Ilyenféle vizsgálódásra a típusvizsgálatok (előkísérletek) idején napjainkban is van lehetőség.

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

6.8. táblázat: A betonfedés tervezésének lehetséges változatai (alternatívái) XV2(H) és XV3(H) vízzárósági környezeti osztályok esetén

	MSZ 4798:2016 szabvány szerinti felfogás		E könyvben követett alternatív felfogás szerint	
Környezeti osztály	XV2(H)	XV3(H)	XV2(H)	XV3(H)
Szerkezeti elemre ható vízszlop nyomása (10.1. táblázat)	2 – 10 m = 0,2 – 1,0 bar	> 10 m = > 1,0 bar	2 – 10 m = 0,2 – 1,0 bar	> 10 m = > 1,0 bar
Környezeti hatások erősségének csoportja, ahova a vízzárósági környezeti osztályt besorolták	G	D	D	E
	A besorolás nem követi a szerkezetre ható vízszlop nyomás, mint hatás növekedésének rendjét		6.3.-6.6., 6.8. és 10.8. táblázat	
Vízbehatolás legnagyobb egyedi mélysége MSZ EN 12390-8:2009 szerint 5,0 bar (500±50 kPa) víznyomáson vizsgálva	35 mm	20 mm	35 mm	20 mm
$c_{min,dur}$ legkisebb betonfedés S4 szerkezeti osztályban vasbeton szerkezetek esetén	45 mm	30 mm	30 mm	35 mm
Betonfedés tervezése	Vízbehatolás legnagyobb egyedi mélység alapján		Szerkezeti elemre ható vízszlop nyomása alapján	

Az e-UT 07.01.21:2016 üti mőszaki előírás, azaz a közlekedőépítési célú előregyártott könnyűbeton tartószerkezeti elemek tervezésére és gyártására vonatkozó 32. tervezési útmutató szerint a $c_{min,dur}$ legkisebb betonfedés általában az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előirt értékkel azonos. Ha a könnyűbetonból készülő vasbetont a koptató hatáson kívül egy vagy több környezeti hatás is éri, akkor a $c_{min,dur}$ legkisebb betonfedés azon kívül, hogy teljesíti az MSZ 4798:2016 szabványban a kopásállósági osztályhoz tartozó előirt értéket, legalább 5 mm-rel legyen több, mint az egyidejűleg érvényesülő környezeti osztályokhoz tartozó előirt betonfedések legnagyobbika.

A betonszerkezetek kivitelezésével foglalkozó MSZ EN 13670:2010 szabvány 4. ábrája a névleges betonfedés (c_{nom}) tűrését a keresztmetszet magasságának függvényében adja meg (6.9. táblázat). A szabvány 10.6. szakaszában úgy rendelkeznek, hogy a megadott $\Delta c_{(plusz)}$ tűrés értékek előregyártott termékekre nem alkalmazhatók, azokra a termékszabványok előírásai az iránymutatók. A betonfedés követelményét minden egyes mérés eredményének ki kell elégitenie, hacsak az építés helyén érvényes előírások meg nem engedik a statisztikai értékelést.

Az MSZ EN 13369:2024 szabvány 4. táblázata szerint – követve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.1. szakaszát – a Δc_{dev} kötelező ráhagyás az előregyártott termék névleges hosszának (L) a függvénye, ha $L \leq 150$ mm, akkor ± 5 mm; ha $L = 400$ mm, akkor ± 15 mm; ha $L \geq 2500$ mm, akkor ± 25 mm. A pozitív tűrés értékek közel állnak az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabványban a monolit szerkezetekre az 1. tűrés osztályban megadott $\Delta c_{(plusz)}$ értékekhez (6.9. táblázat), a negatív tűrés értékek tulajdonképpen a Δc_{dev} kötelező ráhagyás értékei. A köztes értékek lineárisan interpolálhatók.

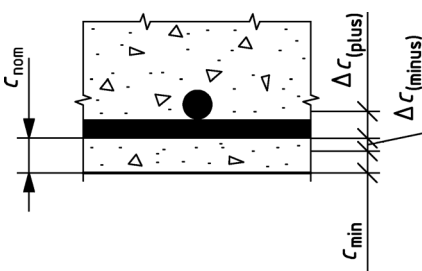
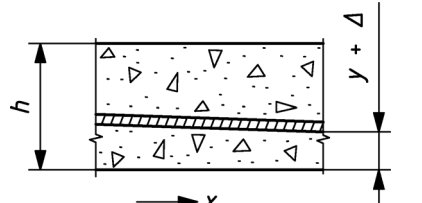
6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

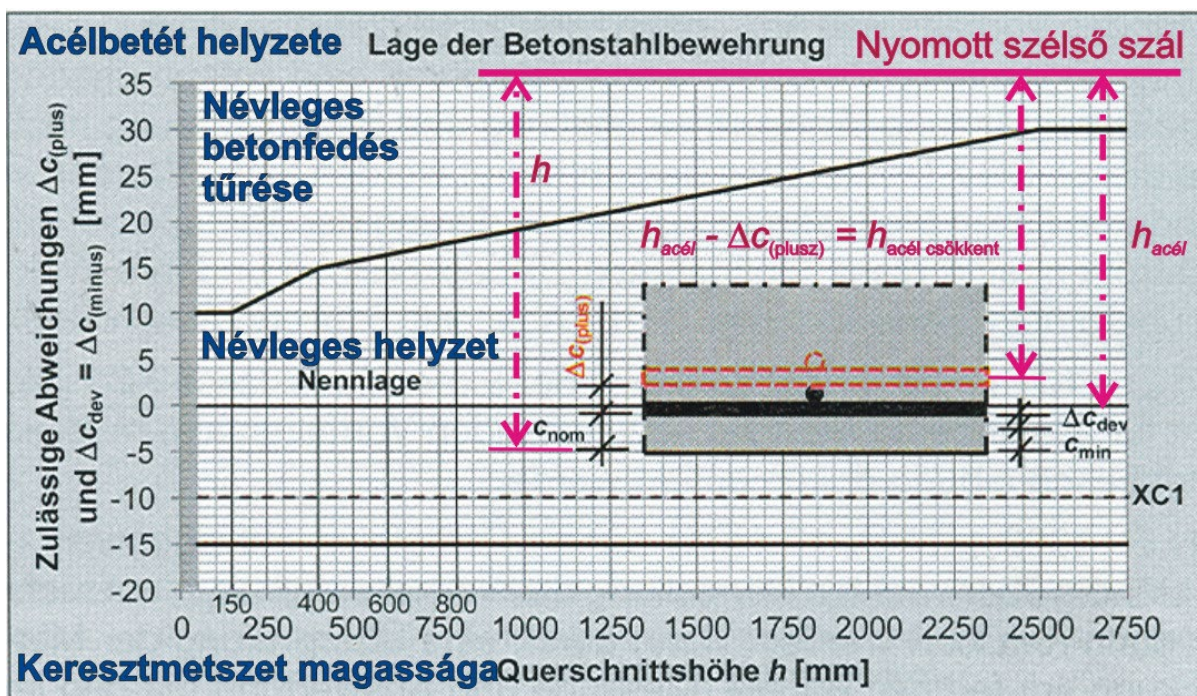
6.9. táblázat: Monolit vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek névleges betonfedésének (c_{nom}) tűrése az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabvány 4. ábrája szerint

Az eltérés fajtája	Feltétel	Megengedett eltérés Δ	
Vasbeton		1. tűrési osztály	2. tűrési osztály
 Követelmény: $c_{nom} + \Delta c_{(plusz)} > c > c_{nom} - \Delta c_{(mínusz)}$	Névleges betonfedés legnagyobb tűrése, Δc _(plusz)		
	Közönséges vasalás helyzete, ha a keresztmetszet magassága (h): $h \leq 150 \text{ mm}$ $h = 400 \text{ mm}$ $h \geq 2500 \text{ mm}$ Közbenső értékek lineárisan interpolálhatók	+10 mm +15 mm +25 mm ^{b)}	+5 mm +10 mm +20 mm
c_{min} = előírt minimális betonfedés c_{nom} = névleges betonfedés = = $c_{min} + \Delta c_{(mínusz)} $ c = tényleges betonfedés Δc = megengedett eltérés a c_{nom} -tól h = keresztmetszet teljes magassága	Δc _(mínusz)	Névleges betonfedés legkisebb tűrése, Δc _(mínusz)	
		Δc _{dev} ^{a)}	Δc _{dev} ^{a)}
^{a)} A Δc _{dev} értéke az EN 1992-1-1 nemzeti mellékletében található. Ha nincs másképpen szabályozva, akkor Δc _{dev} = 10 mm. Ha a statisztikai közelítés meg van engedve, akkor a kivitelezési előírás megadhat a betonfedés bizonyos százalékos értékében a megengedett c_{min} -nél kisebb értéket.			
^{b)} Az alapok és az alapban lévő betontestek esetén a betonfedés megengedett plusz-eltérései 15 mm-rel növelhetők. A megadott mínusz-eltérések érvényesek.			
Az eltérés fajtája	feltétel	Megengedett eltérés Δ	
Feszített vasbeton		1. tűrési osztály	
 Hosszmetszet; y = névleges helyzet, amely általában az (x) helyzet függvénye a feszítőacél mentén	Névleges betonfedés megengedett legnagyobb tűrése, Δc _(plusz)		
	A feszítő vasalás helyzete ^{a)} , ha a keresztmetszet magassága (h): $h = 200 \text{ mm}$ $h > 200 \text{ mm}$ Betonfedés a feszítőacélon	$\pm 6 \text{ mm}$ $\pm 0,03 \times h$ vagy $\pm 30 \text{ mm}$ közül a kisebb érték	
		Névleges betonfedés megengedett legkisebb tűrése, Δc _(mínusz)	
		Δc _(mínusz) = Δc _{dev} ^{b)}	
^{a)} A megadott értékeket a vastagságra és keresztirányban alkalmazzuk. Keresztirányban h az elem szélessége. Lemezekben a feszítőacélokra $\pm 30 \text{ mm}$ -nél nagyobb eltérést meg szabad engedni, ha szükséges, a kis nyílások, rések, bevágások és beszúrások kiküszöbölésére. Az ilyen eltérés mellett a feszítőacélnek sima profilúnak kell lennie.			
^{b)} A megengedett Δc _{dev} mínusz-eltérés olyan, mint normálvasalás esetén.			

A DBV Betondeckung-Merkblatt (2015) műszaki útmutatóban felhívják a figyelmet arra, hogy a betonfedés akaratlan – a tervezettnél nagyobb – megnövelése a „statikai hasznos magasság” (Statische Nutzhöhe) értelmezése és tűz esetén a szerkezet viselkedése (betonlepattozások) tekintetében gondot okozhat. Ilyen esetekben a „statikai hasznos magasság” meghatározása során a mérettűréseket a teherbírás biztonsága érdekében figyelembe lehet venni. A $\Delta c_{(plusz)}$ tűrés (6.9. táblázat) – amellyel a „statikai hasznos magasság” ($h_{acél}$) csökkenthető – a betonkeresztmetszet magasságának (h) függvénye: $h \leq 150$ mm esetén $\Delta c_{(plusz)} = +10$ mm, $h = 400$ mm esetén $\Delta c_{(plusz)} = +15$ mm, $h \geq 2500$ mm esetén $\Delta c_{(plusz)} = +30$ mm.

A monolit vasbetonszerkezetek névleges betonfedésének (c_{nom}) MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabvány szerinti tűrése a DBV Betondeckung-Merkblatt (2015) műszaki útmutató szemléltető ábrája alapján könnyen értelmezhető (6.2. ábra). A „statikai hasznos magasság” (Statische Nutzhöhe) nem más, mint a húzott acélbetétek súlyvonalának a nyomott betonszélsőszáltól vett $h_{acél}$ távolsága (Massányi – Dulácska 1989): $h_{acél} = (\text{betonkeresztmetszet magassága}) - (\text{távtartó magassága}) - (\text{kengyel átmérő}) - (\text{húzott hossz-acélbetétek átmérőjének a fele, illetve több sor húzott hossz-acélbetét esetén a súlyvonal magassága})$.

A 6.9. táblázat szerinti $\Delta c_{(plusz)}$ tűréssel megnövekedett betonfedés folytán, változatlan betonkeresztmetszet magasság mellett, a $h_{acél}$ távolság $h_{acél}$ csökkent = $h_{acél} - \Delta c_{(plusz)}$ távolságra csökken.



6.2. ábra: A DBV Betondeckung-Merkblatt (2015) műszaki útmutató a monolit vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek MSZ EN 13670:2010 szabvány szerinti névleges betonfedése (c_{nom}) tűrését szemléltető ábrája

A megnövekedett betonfedéssel a repedéstágasság-korlátozó acélbetétek hatóköre megnövekszik és hatékonysága lecsökken. Az acélbetét betonhoz való tapadási környezetében az átlagos repedéstágasság megnövekszik. Emellett a szerkezeti elem felületén is nagyobb repedések léphetnek fel, anélkül, hogy az acélbetét korrózióvédelme romlana (DBV Betondeckung-Merkblatt 2015).

A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 4. táblázatának megjegyzése szerint, ha az építéshelyi monolit vasbeton együttdolgozik az előregyártott vasbetonelemmel, akkor a fugával határos peremeken az előregyártott vasbetonelem betonfedése 5 mm-re, az építéshelyi vasbeton betonfedése 10 mm-re, ha a fuga érdes, akkor 5 mm-re csökkenthető. A Δc kötelező ráhagyás a fuga mindkét oldalán elhagyható. Ez a könnyítés a DBV Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” (2015) műszaki útmutató 2 fejezetének (5) bekezdésében is megtalálható. A német szabvány 6.3. szakaszának (4) bekezdése szerint a betonacél tapadása érdekében a $c_{min,b}$ legkisebb betonfedésnek nem szabad kisebbnek lennie, mint a húzott acélbetét névleges átmérője (d_s) vagy az acélbetétköteg egyenértékű (helyettesítő) átmérője (d_{sv}), a betonba frissen kötött feszítőpázsma névleges átmérőjének 2,5-szerese vagy a rovátkolt feszítőacél (huzal) névleges átmérőjének háromszorosa, a feszítés után injektált kábelcsatorna külső átmérője. A szabvány 6.3. szakaszának (7) bekezdése szerint a beton kopásállósága a német XM1, XM2, XM3 környezeti osztályban a c_{min} legkisebb betonfedés rendre 5 mm-rel, 10 mm-rel, 15 mm-rel való megnövelésével is javítható. Ezt a betonfedés-növelést betonfedéspalástnak (Opferbeton) nevezik. A (8) bekezdés szerint, ha a $c_{min,b}$ betonfedés a mértékadó, akkor a Δc_{dev} kötelező ráhagyás 10 mm lehet. A kötelező ráhagyást akkor szabad 5 mm-rel csökkenteni, ha a gyártást a tervezéstől a kivitelezésig megfelelő minőségellenőrzés kíséri. Gondos minőségellenőrzés esetén az előregyártott elemek betonfedését 5 mm-nél nagyobb mértékben akkor szabad csökkenteni, ha az elkészült előregyártott elemen például méréssel meggyőződnek a betonfedés megfelelő voltáról (9. bekezdés). Ennek módszerével a DBV Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” (2015) műszaki útmutató A6 függeléke foglalkozik. Ha a betonfelülete egyenetlen, akkor a Δc_{dev} kötelező ráhagyást az egyenetlenség mértékével, de legalább 20 mm-rel, ha a beton közvetlenül talajra kerül, akkor 50 mm-rel meg kell növelni (visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 10. bekezdése). A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 4. táblázatában az XC1 – XC4, XD3 és XS3 környezeti osztályokhoz tartozó betonfedés az S3 szerkezeti osztálynak felelt meg, tehát az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti követelménynél lazább volt (6.10. táblázat).

6.10. táblázat: Betonfedés a visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 4. táblázata szerint

Környezeti osztály	Legkisebb betonfedés $c_{min,dur}$ mm		Kötelező ráhagyás Δc_{dev} , mm
	Betonacél	Feszítőacél	
XC1	10	20	10
XC2 – XC3	20	30	15
XC4	25	35	15
XD1 és XS1	40	50	15
XD2 és XS2	40	50	15
XD3 és XS3	40	50	15

Itt jegyezzük meg, hogy a DBV Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” (2015) című műszaki útmutató 2 fejezetének (5) bekezdésében a DIN EN 1992-1-1 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (9) bekezdésére hivatkoznak, amelyben (magyar megfelelője: MSZ EN 1992-1-1:2010) azonban a DBV Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” szerinti szöveggel ellentétben az áll, hogy ha helyszíni betont egyéb (előregyártott vagy helyszíni) betonelemre betonoznak, akkor az érintkezési felülettől mért minimális betonfedést a tapadási követelménynek megfelelő $c_{min,b}$ értékig csökkenteni lehet, ha a beton szilárdsági osztálya legalább C25/30, az érintkezési felület kültéri környezeti hatásoknak rövid ideig van kitéve (< 28 nap) és az érintkezési felület durvított.

Az ugyancsak visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakasza foglalkozott a hídszerkezetek betonfedésével, amelynek a célja az acélbetét tapadásának biztosítása és korrózióvédelme, a lepattogzások megelőzése, a tűzvédelem (2. bekezdés). Az acélbetét korrózióvédelme jó minőségű és tömör betonnal, és a környezeti hatásoktól függő vastagságú betonfedéssel érhető el (3. bekezdés). A meghatározott $c_{\min, \text{dur}}$ legkisebb betonfedést a Δc_{dev} kötelező ráhagyással meg kell növelni, az eredmény a c_{nom} előírt névleges betonfedés, amelyet a vasalási terven fel kell tüntetni (4. bekezdés). A tapadóerők biztonságos átadása és a beton megfelelő tömöríthetősége megkívánja, hogy a mértékadó acélbetétek és feszítő elemek betonfedése ne legyen kisebb, mint az acélbetétek, feszítő elemek, kábelcsatornák átmérője, az acélbetétkötegek egyenértékű (helyettesítő) átmérője vagy 32 mm-nél nagyobb legnagyobb szemnagyság esetén mindezek 5 mm-rel megnövelt átmérője. Acélbetétköteg csak építésügyi hatósági jóváhagyással alkalmazható (5. bekezdés). A hídszerkezetekre előírt betonfedéseket a 6.11. táblázatban tüntettük fel. Ha közvetlenül a talajra betonoznak, akkor a legkisebb betonfedés legalább 75 mm, ha alapozásra, alapbetonra, akkor legalább 40 mm legyen. Megmunkált (struktúrált), mosott betonfelület esetén a betonfedést meg kell növelni (9. pont).

6.11. táblázat: Hídszerkezetekre előírt betonfedés a visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.101. táblázata szerint

Szerkezeti elem	Legkisebb betonfedés, mm	Névleges betonfedés, mm
Felépítmény	40	45
Közúti hidak áthidalásai		
betonnal nem érintkező felület	40	50
betonnal érintkező felület	20	25
Vasúti hidak áthidalásai		
betonnal nem érintkező felület	30	35
betonnal érintkező felület	20	25
Alépítmény		
talajjal nem érintkező felület	40	45
Talajjal érintkező felület	50	55

A visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakasza szerint a feszítő elemek legkisebb betonfedése a névleges átmérőnek legalább a kétszerese, rovátkolt feszítőhuzalok esetén legalább a háromszorosa legyen (11. bekezdés). A tapadóbetétes kábelcsatorna betonfedése a külső átmérőre vonatkozik, és az ne legyen kisebb, mint a külső átmérő. Négyszög alakú kábelcsatorna esetén a betonfedés ne legyen a rövidebb oldalnál vagy a hosszabb oldal felénél (12. bekezdés), illetve 50 mm-nél kisebb. A C40/50 vagy nagyobb betonnyomószilárdsági osztályú előregyártott feszített vasbetonelemek legkisebb betonfedése legalább 40 mm legyen. Ha a feszítő elemek a gyalogos hidak pálya- vagy egyéb lemezének felszíne alatt helyezkednek el, akkor a hosszirányú tapadóbetétes kábelcsatornák, illetve az előfeszítő elemek legkisebb betonfedése legalább 100 mm, a keresztirányúaké legalább 80 mm legyen (113. bekezdés). Kémiai hatásnak kitett vasbeton betonfedése legalább 50 mm legyen (114. bekezdés). Ha a kémiai hatás nagyon erős, akkor a hatóanyaggal való érintkezéstől a betont meg kell védeni (115. bekezdés).

A DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 5.2.1.2. szakaszának 1. bekezdése szerint a betonacél legkisebb hajlítási átmérőjét úgy kell megválasztani, hogy a hajlítás tartományában beton lepattogzások, szövetszerkezeti károsodások, betonacélrepedések ne keletkezzenek. Ha a legkisebb betonfedés a hajlított betonacélon $> 100 \text{ mm}$ és $> 7 \times d_s$; $> 50 \text{ mm}$ és $> 3 \times d_s$; $\leq 50 \text{ mm}$

6. BETONFEDÉS

6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I.

kötet

és $> 3 \times d_s$, akkor a hajlított betonacél legkisebb hajlítási átmérője rendre $d_{br} = 10 \times d_s$; $d_{br} = 15 \times d_s$; $d_{br} = 20 \times d_s$ legyen (DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 5.1. táblázata).

A visszavont DIN 4102-4:1994 és a DIN 4102-22:2004 szabványok az építőanyagoknak és az építmények szerkezeti elemeknek a tűzben való viselkedésével foglalkoztak. A teherviselő acélbetét tengelyének a beton felületétől mért legkisebb névleges u távolságát a különböző kritikus hőmérsékletű acélbetétek típusának (betonacél, melegen hengerelt, nyújtott és megeresztett feszítőhuzal, hőkezeléssel javított feszítőhuzal, hidegen húzott feszítőhuzal, pászma), a tűzállósági osztálynak (F 30, F 60, F90, F 120, F 180), a szerkezeti elem típusának (határozott és határozatlan alátámasztású gerenda, konzol, szabadon felfekvő vagy pontszerűen alátámasztott lemez, üreges szokványos (közönséges, normál) vasbeton lemez, gázbeton lemez, bordás, kétirányban feszített vasbeton lemez, pillér, húzott vasbeton és feszített vasbetonelem, különböző vasbeton falszerkezetek stb.) függvényében adták meg.

6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA

A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány I melléklete NAD II. táblázatának megjegyzése szerint, ha a névleges betonfedés mértéke nagyobb mint 40 mm ($c_{nom} > 40$ mm), akkor a betonfedésbe erősítő műanyaghálót ajánlott szerelni.³¹⁴ Az erősítő műanyagháló szerepét megfelelő nyílású nagy szilárdságú szénszálas vagy aramid-szálas háló töltheti be, bár erre irodalmi utalást nem találtunk. A névleges betonfedés – az erősítő háló beépítésének szükségessége megszabta – határértékére a betonfedés tömörsége, húzószilárdsága, cementtartalma, a felhasznált cement típusa stb. bizonyára hatással van. A 40 mm-es határérték azon a gyakorlati tapasztalon alapszik, hogy az ennél vastagabb betonfedés könnyen leválik. Indokolt lett volna a 40 mm-es határértéket a névleges betonfedés (c_{nom}) helyett az előírt legkisebb betonfedéshez (c_{min}) rendelni.

A túl nagy névleges betonfedés (c_{nom}) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (7) bekezdése szerint $\Delta c_{dur,st}$ értékkel csökkenthető, ha a vasalást rozsdamentes (korrózióálló) betonacéllal oldjuk meg. Az előírt névleges betonfedés (c_{nom}) ebben az esetben sem lehet kisebb, mint az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának másfélszerese. A szabvány NA3.1.4. szakasza szerint rozsdamentes betonacélok esetén a csökkentő érték: $\Delta c_{dur,st} = 5$ mm, egyéb különleges intézkedések esetén a $\Delta c_{dur,st} > 0$ mm értékek megalapozottságát független laborvizsgálatokkal kell igazolni.

Ha a rozsdamentes betonacél használatának akadálya van, akkor MSZ 4798:2016 szabvány szerint a betonfedés vastagságát meg kell tartani, de alkalmazhatunk kéreghálót (erősítő hálót vagy kéregvasalást) hasonlóan ahhoz, ahogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 9.2.4. szakaszában és J mellékletének (3) bekezdésében javasolják a húzott övre, illetve ahogy a tűzhatás utáni betonleválás ellen az MSZ EN 1992-1-2:2013 szabvány 4.5.2. szakaszának (2) bekezdésében előírják, arra az esetre, ha az acélbetétek tengelytávolsága a felülettől 70 mm vagy nagyobb.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 8.8. szakaszának (2) bekezdése szerint 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetét vagy acélbetétköteg (acélbetétcsoport) esetén vagy kéregvasalást kell alkalmazni, vagy a repedéskorlátozást számítással kell igazolni. A 8.8. szakasz (8) bekezdése szerint a kéregvasalás keresztmetszeti területe a 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetétekre merőleges irányban legalább $0,01 \times A_{ct,ext}$, míg azokkal párhuzamos irányban legalább $0,02 \times A_{ct,ext}$ legyen. A 8.9.1. szakasz szerint az egyedi acélbetétekre vonatkozó szabályok egyéb előírás hiányában acélbetétkötegekre is érvényesek. Az acélbetétköteg egyenértékű (helyettesítő) átmérője: $\varnothing_n = \varnothing \times \sqrt{n} \leq 55$ mm. **AHOL AZ n-ÉRTÉKE A**

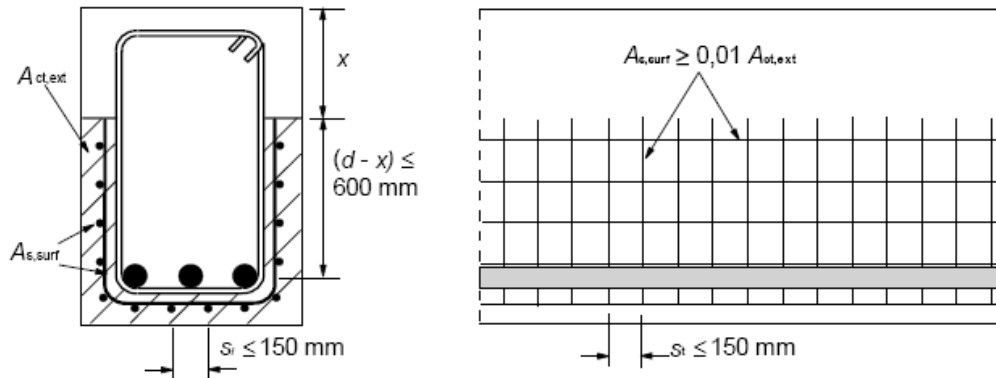
³¹⁴ Az erősítő háló (rabicháló) feltalálója *Carl Rabitz* (1823, Halle – 1891, Berlin) német kőművesmester, aki 1854-ben alapított építési vállalkozást. „Tűzbiztos mennyezetvakolat fafödémre” tárgyú találmányára 1878-ban kapott szabadalmat. A hagyományos *Rabitz*-féle eljárás során a fafödémre vagy téglaválaszfalra mintegy 50 cm közökben kifeszített, 5-8 mm átmérőjű huzalokra 8-20 mm-es nyílású, 0,5-1,0 mm átmérőjű horgonyzott huzalokból készült hálót erősítenek, és szőrrel kevert gipszhabarccsal vagy gipszes mészhabarccsal becsapkodják, majd bevakolják. A rabicépítésről és alkalmazásáról a Budapest, V. Kossuth Lajos téri Igazságügyi Palota (ma Néprajzi Múzeum) épületében *Lichter* és szerzőtársai (2012) dolgozatában olvashatunk.

6. BETONFEDÉS

6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

betonfedést az acélbetétköteg tényleges külső síkjától kell mérni, és az ne legyen kisebb, mint $\varnothing_n$.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 9.2.4. szakaszában, illetve J mellékletének (3) bekezdésében kéregvasalás beépítését javasolják repedéskorlátozás céljából vagy a betonfedés leválása, lepattogzása ellen a húzott övbe arra az esetre, ha a betonfedés nagyobb, mint 70 mm. A kéregvasalást általában hegesztett hálóból vagy kis átmérőjű acélbetétekből kell elkészíteni, és a kengyeleken kívül, például az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrájának (6.3. ábra) megfelelően kell elhelyezni.



6.3. ábra: Példa a kéregvasalásra. Az x a semleges tengely helye, az s a kéregvasalás (védőháló) nyílása (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrája)

A 6.3. ábrát Lohmeyer és szerzőtársai „Stahlbetonbau” című könyvének (2010) 4.6.8. szakaszában is megtaláljuk. E könyv szerint kéregvasalást (felületi vasalást) akkor kell a lepattogzások ellen és a repedéstágasság korlátozása érdekében alkalmazni, ha az acélbetét vagy az acélbetétköteg átmérője nagyobb, mint 32 mm. A kéregvasalás a kengyeleken kívül helyezkedjék el, és legfeljebb 10 mm átmérőjű betonacélból készüljön. A kéregvasalás előírt névleges betonfedése a Lohmeyer-féle könyv 4.3. táblázata szerint ugyanakkora, mint amekkora névleges betonfedést Németországban a fővasalásra előírnak. A kéregvasalás keresztmetszeti területe ($A_{s,surf}$) ne legyen kisebb, mint kengyeleken kívüli húzott betonfelület ($A_{ct,ext}$) 0,02-szorosa ($A_{s,surf} \geq 0,02 \times A_{ct,ext}$). A kéregvasalást a statikailag szükséges vasalásba be szabad számítani, és pedig a kéregvasalás hosszirányú acélszárait a hajlító-húzó vasalásként, a kéregvasalás keresztirányú acélszárait keresztirányú (nyíró-) vasalásként, ha a kéregvasalás az ilyen irányú fővasalás elrendezésére és lehorgonyzására vonatkozó előírásoknak megfelel.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. fejezetének (2) és (3) bekezdése szerint a kéregvasalás $A_{s,surf}$ keresztmetszeti területe a gerenda húzott fővasalásával párhuzamos és arra merőleges irányban általában ne legyen kisebb, mint $A_{s,surf,min}$. Az $A_{s,surf,min}$ ajánlott értéke $0,01 \times A_{ct,ext}$, ahol $A_{ct,ext}$ a kengyeleken kívüli húzott betonfelületet jelenti (6.3. ábra). Ha a betonfedés nagyobb, mint 70 mm, akkor általában hasonló, mindkét irányban $0,005 \times A_{ct,ext}$ keresztmetszeti területű kéregvasalást kell alkalmazni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. fejezetének (5) bekezdése szerint a kéregvasalás hossz-, illetve keresztirányú acélbetétei beszámíthatók a hosszirányú hajlítási, illetve a nyírási vasalásba, ha megfelelnek az azok elrendezésére és lehorgonyzására vonatkozó követelményeknek.

A betonfedéssel és kéregvasalással a DIN EN 1992-1-1:2011 és DIN EN 1992-3:2011 szabvány bevezetése előtt a ma már visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 6.3. szakasza foglalkozott. Ennek (2) bekezdésében úgy rendelkeztek, hogy a felületi vasalásnak (Oberflächenbewehrung)

6. BETONFEDÉS

6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

nevezett kéregvasalás is feleljen meg a betonfedés követelményeinek, akkor is, ha a teherhordóképeség és a használati alkalmasság igazolása során nem vették számításba.

A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 13. fejezetében szerkesztési szabályokat írtak elő. A szabvány 13.2.5. szakasza a kéregvasalást az EN 1992-1-1:2004 (MSZ EN 1992-1-1:2005) szabvánnyal és annak 2010-ben módosított változatával (EN 1992-1-1:2004/AC:2010, MSZ EN 1992-1-1:2010) hasonló módon tárgyalta. Kéregvasalást a 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetét vagy acélbetétköteg (Stabbündel) esetén kell alkalmazni. A kéregvasalás hossz- illetve keresztirányú acélbetétei beszámíthatók a hosszirányú hajlítási, illetve a nyírási vasalásba, ha megfelelnek az azok elrendezésére és lehorgonyzására vonatkozó követelményeknek. A DIN 1045-1:2008 szabvány 69. ábráján bemutatott kéregvasalás lényegében megegyezik az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrájával (e könyv 6.3. ábrájával). Eltérés volt az európai szabványhoz képest, hogy a DIN 1045-1:2008 szabvány 13.2.5. szakaszában előírták, hogy nagyátmérőjű acélbetét esetén a kéregvasalásháló nyílása legfeljebb 100 mm lehet, és a kéregvasalás $A_{s,surf,min}$ előírt legkisebb keresztmetszeti területe a gerenda húzott fővasalásával párhuzamos irányban nem $0,01 \times A_{ct,ext}$, hanem $0,02 \times A_{ct,ext}$.

Lényegében a DIN 1045-1:2008 szabvánnyal azonos követelményeket tartalmazott az egykori DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakasza is, de annak 5.13. ábráján a kéregvasalásháló nyílása legfeljebb 150 mm, e könyv 6.3. ábráján láthatóval megegyezően.

A visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakaszának (7) bekezdése szerint a kéregvasalás betonfedésére az acélbetét betonfedésével azonos követelmények voltak érvényesek, vagy különleges védelmet (például felületi bevonat a betonon) kellett alkalmazni. Az előírás 5.2.6.3. szakaszának (3) bekezdése szerint nagyátmérőjű acélbetét esetén a kéregvasalás $A_{s,surf,min}$ legkisebb keresztmetszeti területe a fővasalásra merőleges irányban $0,01 \times A_{ct,ext}$, a fővasalással párhuzamos irányban $0,02 \times A_{ct,ext}$ lehetett.

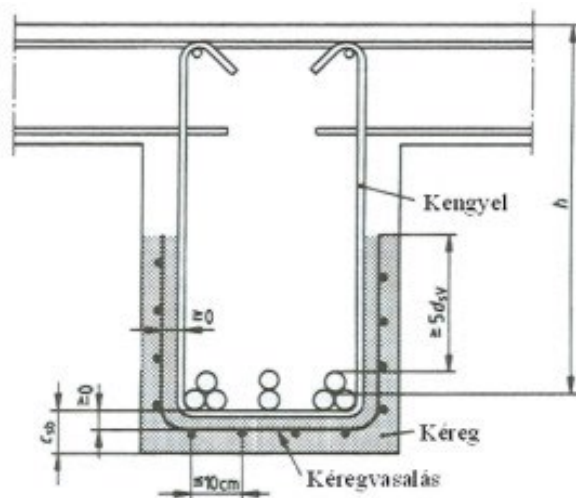
A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 13.1.2. szakasza az *előfeszített vasbetonelemek* kéregvasalásának feltételeit tárgyalta. Eszerint az előfeszített vasbetonelemekbe mindig kéregvasaláshálót kellett beépíteni. Az előfeszített vasbetonelemek különböző zónáinak szükséges kéregvasalását az XC és a különleges környezeti osztályokra a DIN 1045-1:2008 szabvány 30. táblázata tartalmazza. Előírták, hogy az előfeszített vasbeton lemezek húzott és nyomott zónájába kerülő kéregvasalásháló nyílása ne legyen több, mint 200 mm. Azokat a feszített acélbetéteket, amelyek a kéregvasalás betonfedésének kétszeres területén belül fekszenek, teljes felületükkel be volt szabad számítani a kéregvasalásba. A kéregvasalás a teherbírás és a használati alkalmasság igazolása során beszámítható volt a vasalásba, ha megfelelt az elrendezés és lehorgonyzás követelményeinek. Ezek a követelmények megtalálhatók a DIN-Fachbericht 102:2009 jelentésben is.

A Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. „Betondeckung und Bewehrung” című kiadványa (2015) 2 fejezetének (11) bekezdésében a névleges betonfedés – az erősítő háló beépítésének szükségessége megszabta – $a_i = 70$ mm-es határértékét úgy értelmezik, hogy az a szélső teherviselő acélbetét tengelyének a névleges távolsága a beton felületétől. Ennek tükrében MSZ 4798:2016 szabvány szerinti, a kengyel szélső palástvonalához tartozó $c_{nom} = 40$ mm határérték az erősítő háló beépítésére nem is olyan nagyon szigorú ajánlás. A kéregvasalásháló nyílása ne legyen nagyobb, mint 100 mm, és a hálót alkotó acélszálak átmérője ne legyen kisebb, mint 4 mm.

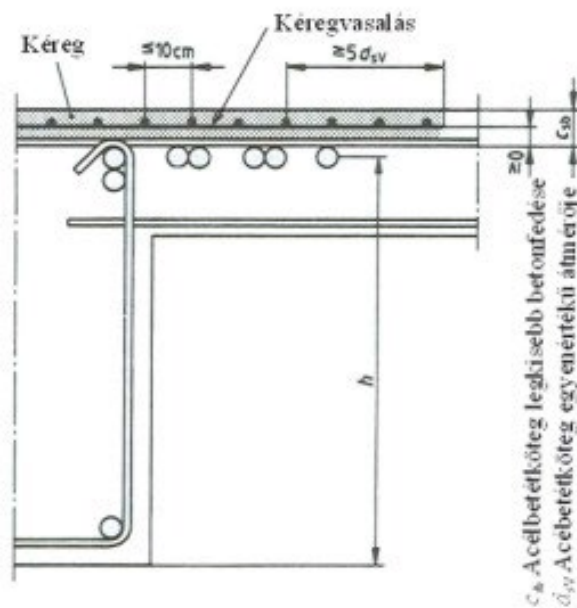
A kéregvasalásról (felületi vasalásról) Heusinger 1993-ban írt könyvrészletet, hivatkozással az MSZ EN 1992-1-1:2010 EUROCODE 2 szabványra, amely szerint kéregvasalást a repedéstágasság korlátozására az 1,0 m-nél vastagabb (szélesebb) gerendák és a gerendavastagságtól függetlenül a 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetét vagy acélbetétköteg

esetén kell alkalmazni, a húzott acélbetétekkel párhuzamos kéregvasalás keresztmetszeti területe a húzott beton zóna kengyeleken kívüli keresztmetszeti területének legalább az 1,0%-a kell legyen, az megfelelő feltételek esetén a hajlítási húzott hosszvasalásba beszámítható. Heusinger (1993) könyvében is megtalálható a MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrája (e könyv 6.3. ábrája).

Heusinger (1993) megemlítette, hogy a régi DIN 1045:1988 szabvány 18.11.3. szakasza kéregvasalást csak a $\sigma_n = \sigma \times \sqrt{n} > 36$ mm egyenértékű (helyettesítő) átmérőjű acélbetétköteg esetén követelte meg a repedéstágasság korlátozására a hajlított tartó húzott zónájában. Kéregvasalásként legfeljebb 10 cm nyílású betonacélhálót engedélyeztek alkalmazni. Előírták, hogy az acélbetétköteg-irányú kéregvasalás keresztmetszete $a_{sh} \geq 2 \times c_{sb}$ cm²/m legyen, ahol c_{sb} az acélbetétköteg betonfedésének legkisebb értéke cm-ben. A 6.3. ábra nagymértékben hasonlít a DIN 1045:1978 és DIN 1045:1988 szabvány 34. ábrájához (6.4. ábra), amelyen nem acélbetét, hanem acélbetétköteg látható. A kéregvasalásnak a hajlított tartó húzott zónájában $5 \times \sigma_n$ hosszon (6.3. ábrán $5 \times d_{sv}$ hosszon) kellett a húzott acélbetétköteg fölé nyúlnia, T-keresztmetszetű gerenda esetén pedig az övlemez szélső acélbetétkötegén kellett ugyanennyivel túlnyúlnia (6.4. ábra). A DIN 1045:1988 szabvány 21.1.2. szakaszának (3) bekezdése az 1 m-nél magasabb gerendák és T-keresztmetszetű gerendák gerinclemeze esetén a húzott zónán túlnyúló felületi hosszvasalást írt elő, amelynek összes keresztmetszeti területe el kellett, hogy érje a húzott acélbetétek keresztmetszeti területének 8%-át, és amelynek beszámítását a húzott vasalásba az elhelyezkedéstől és kialakítástól függően megengedte. Ezek az intézkedések már a tíz évvel korábbi, DIN 1045:1978 szabványban is megjelentek.



6.4. ábra: Kéregvasalás acélbetétköteg esetén a régi DIN 1045:1978 és DIN 1045:1988 szabvány 34. ábrája szerint



A tűzterherre történő méretezést az MSZ EN 1992-1-2:2013 szabvány szerint kell végezni. E szabvány 4.5.1. szakaszában feltételezik, hogy ha a beton nedvességtartalma kevesebb, mint 3,0 tömeg%, akkor tűz hatására robbanásszerű betonlepattogzás nem következik be. Ha a beton nedvességtartalma ennél több, akkor a robbanásszerű lepattogzás hatását a szerkezet teherbíróképességére meg kell becsülni.

Az MSZ EN 1992-1-2:2013 szabvány 4.5.2. szakaszának (2) bekezdésében előírják, hogy ha a szélső acélbetétek tengelyének távolsága a beton felületétől 70 mm vagy annál több és kísérletekkel nem győződtek meg arról, hogy tűz hatására a betonról rétegek nem válnak le,

6. BETONFEDÉS

6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV I. kötet

akkor hálós kéregvasalást kell beépíteni. A kéregvasalás acélbetéteinek átmérője legalább 4,0 mm, a háló nyílása legfeljebb 100×100 mm legyen.

Az MSZ EN 1992-1-2:2010 szabvány 6.2. szakaszának (2) bekezdése szerint a C90/105 nyomószilárdsági osztály esetén a tűznek közvetlenül kitett beton lepattogzásait például kéregvasalással és azon lévő 15 mm vastag névleges betonfedéssel és a fővasaláson lévő legalább 40 mm-es névleges betonfedéssel lehet megelőzni. A hálós vasalás acélbetéteinek átmérője legalább 2,0 mm, a háló nyílása legfeljebb 50×50 mm legyen.

E módszer helyett az MSZE 21992-1-2:2008 előszabvány le nem pattogzó betonféleség alkalmazását vagy a friss betonba legalább 2 kg/m³ polipropilén szál keverését javasolja.

Az MSZ EN 1992-1-2:2010 szabvány 4.7. szakasza szerint a szükséges tűzvédelmet védőrétegekkel is el lehet érni. Tűz esetén a 40-50 mm vastag betonfedés hőszigetelő hatása már csökkenti az acélbetét felmelegedését és a vasbetonszerkezet tönkremenetelének veszélyét. Vasbeton boltozatok, például íves alagút falak tűzvédelmére elegendőnek tűnik a 60 mm-es betonfedés, mégis az acélbetét védelmét a betonfedés lepattogzását meggátló horganyzott hálóval is szokás növelni, amelyre még 20 mm betonfedés is kerül.

A DIN 4102-4:1994 szabvány 3.1.5.2. szakasza szerint tűzvédelmi szempontból, ha a hajlított tartó névleges betonfedésének értéke nagyobb, mint 50 mm ($c_{nom} > 50$ mm), akkor a húzott oldalon a betonfedésbe hálós védővasalást (németül: Schutzbewehrung) kell helyezni. A hálós védővasalás acélbetéteinek átmérője legalább 2,5 mm legyen, a védőháló nyílása 150×150 mm és 500×500 mm közé essék. Nagyszilárdságú beton esetére, ha fennáll a robbanásszerű betonlepattogzás veszélye, a DIN 4102-4/A1:2004 szabvány 3.1. szakasza egyéb feltételek mellett 15 mm, illetve nedves vagy kémiaileg káros környezetben 20 mm vastag névleges betonfedéssel védővasalást ír elő. Ennek a német tűzállósági szabványnak az osztott biztonsági tényező elvén alapuló méretezési alkalmazásával a DIN 4102-22:2004 szabvány foglalkozik.

A kéregvasalás anyaga célszerűen rozsdamentes acélhuzal, amelyet nem a kengyelekhez kell erősíteni, hanem azoktól távolabb, rozsdamentes távtartók segítségével a betonba kell rögzíteni. A kéregvasalásra, valamint a kengyelek és a kéregvasalás közötti távolságra nézve az acélhuzalok közötti szabad nyílás az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának legalább másfélszerese legyen.

Jedelhauser (2008) ismerteti a rozsdamentes, hidegen alakított, bordás betonacél alkalmazását a híd- és műtárgyépítésben. Alkalmazása esetén a legkisebb betonfedés mintegy 25 mm-re csökken. A rozsdamentes betonacél átmérője általában 4-14 mm. Előnyös alkalmazására példa az 1995. évben épült schaffhauseni ferde kábeles közúti Rajna-híd, amelynek vasbeton kábelpilonjait 7,6 m magasan és pályalemez hossztartóit rozsdamentes kéregvasalással (Hautbewehrung) látták el. A távtartók kötözőhuzala is rozsdamentes acél volt. Az építési költséget a rozsdamentes betonacél alkalmazása 1-2%-kal emelte meg, ezzel szemben a fenntartási költség a 80 év tervezési élettartam alatt 18%-kal csökken.

A szerkezeti célú rozsdamentes acélhuzalok tulajdonságait az MSZ EN 10088-5:2009 szabványban tárgyalják, a rozsdamentes acélok jegyzéke az MSZ EN 10088-1:2005 szabványban található. Németországban a rozsdamentes acélok építési célú alkalmazását a Z-30.3-6:2003 számú műszaki engedély szabályozza.

Összegezve: A betonfedés a szerkezeti osztály függvénye. Az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N1., illetve NAD N2. táblázata az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ($c_{min,dur}$) értékét közli a szerkezeti osztály és a környezeti osztály függvényében. Az alkalmazandó szerkezeti osztály és betonfedés alapvetően a tervezési élettartamtól függ, de bizonyos feltételek mellett

módosítható.

Alapesetként az 50 év tervezési élettartamú szerkezeteket, szerkezeti elemeket az S4 szerkezeti osztályba kell sorolni és ennek megfelelő betonfedéssel kell ellátni. Az „alapeset” azt jelenti, hogy a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése nem kiemelt szintű, és a beton nem lemezalakú szerkezeti elem részére készül, és az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legfeljebb egy fokozattal nagyobb a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, és az adalékanyag legnagyobb szemnagysága legfeljebb 32 mm. Ha ugyanezen feltételek mellett a minőségellenőrzés kiemelt szintű (erre általában telepített betonelemgyárban és építéshelyi előregyártó-üzemben van lehetőség), akkor az 50 év tervezési élettartamú beton betonfedése az S3 szerkezeti osztálynak feleljen meg.

Ugyancsak az S4 szerkezeti osztályba kell sorolni 100 év tervezési élettartamú szerkezeteket, szerkezeti elemeket, ha az utóbbi lemezalakú, és a vasalás helyzetét nem befolyásolja az építési (kivitelezési) módszer, valamint az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál legalább két fokozattal nagyobb.

Ha a beton tervezési élettartama 100 év, akkor a betonfedés „alapesetben” kiemelt szintű minőségellenőrzés nélkül az S6 szerkezeti osztály szerinti, kiemelt szintű minőségellenőrzéssel az S5 szerkezeti osztály szerinti legyen.

Az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagysága legfeljebb a névleges betonfedés (c_{nom}) kétharmada lehet. Ha az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagysága a névleges betonfedés (c_{nom}) kétharmadánál nagyobb, akkor a betonfedést a névleges legnagyobb szemnagyság másfélszeresére kell növelni.

Folyamatos szemmegoszlású adalékanyaggal készített tömör, vasalt, teherbíró könnyűbeton esetén az előírt legkisebb betonfedés ($c_{min,dur}$) – az XC1 környezeti osztály kivételével – 5 mm-rel legyen nagyobb, mint a könnyű adalékanyag legnagyobb szemnagysága.

A betonfedés szabványos előírt értékeit – az acélbetét korrózióját, elvékonyodását, akár elszakadását, a betonon a felületi repedéseket (kéregrepedéseket), lepattogzásokat, leválásokat, legrosszabb esetben a szerkezet tönkremenetelét megelőzendő – a nagy javítási költségek megtakarítása érdekében is mindenképpen ajánlatos betartani. A megfelelő betonfedést távolság tartókkal (távtartókkal) kell biztosítani.

A túl nagy névleges betonfedés az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (7) bekezdése szerint csökkenthető, ha a vasalást rozsdamentes (korrózióálló) betonacéllal oldjuk meg. Az előírt névleges betonfedés ebben az esetben sem lehet kisebb, mint az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának másfélszerese. Magyarországon a rozsdamentes (korrózióálló) betonacélok esetén a csökkentés mértéke: $\Delta c_{dur,st} = 5$ mm.

Ha a rozsdamentes betonacél használatának akadálya van, akkor a betonfedés vastagságát meg kell tartani, de alkalmazhatunk kéregvasalást hasonlóan ahhoz, ahogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 9.2.4. szakaszában, illetve J1. fejezetének (3) bekezdésében javasolják a húzott övre arra az esetre, ha a betonfedés nagyobb, mint 70 mm. A tartósság szempontjából előnyös, ha kéregvasalást nem csak a húzott övben, hanem a vastag betonfedésben mindenhol alkalmazunk. Előnyös, ha a kéregvasalás anyaga rozsdamentes acélhuzal, és azt nem a kengyelekhez erősítik, hanem azoktól távolabb, rozsdamentes távtartók segítségével a betonba rögzítik. A kéregvasalásra, valamint a kengyelek és a kéregvasalás közötti távolságra nézve az acélhuzalok közötti szabad nyílás az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának legalább másfélszerese legyen.

6. BETONFEDÉS

6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA Dr. Kausay Tibor: BETONOS KÖNYV

I. kötet

7. BETONOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE

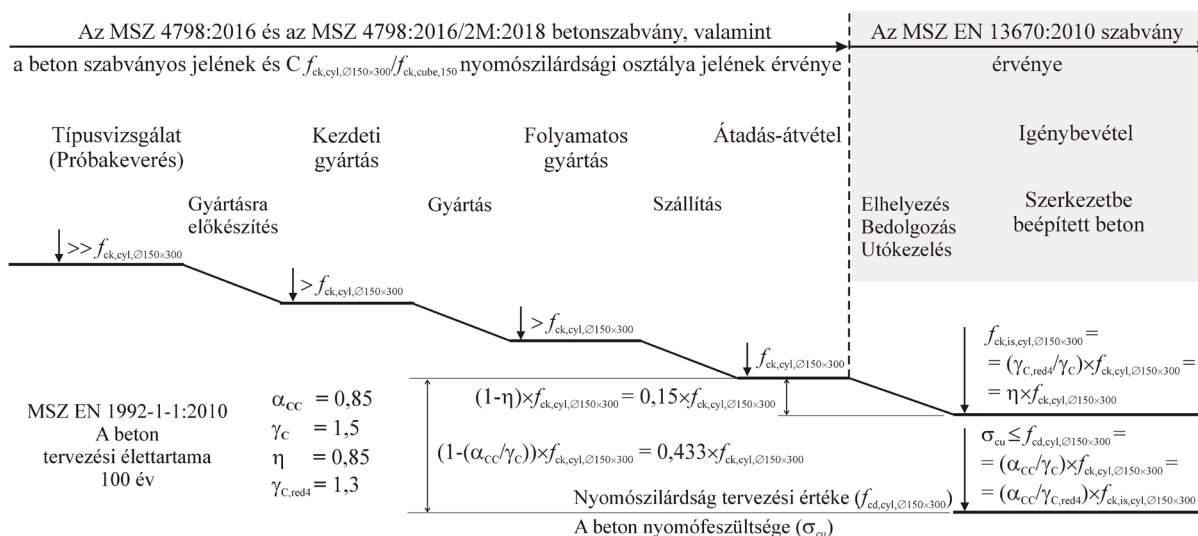
Alapvetés, hogy a friss betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei – akkor is, ha a vizsgálatot megszilárdult beton próbatesteken végzik – a friss beton tulajdonságait, a megszilárdult betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei az adott korú megszilárdult beton tulajdonságait jellemzik. Minthogy a beton tulajdonságai a beton időben változó szövetszerkezetétől függenek, következik, hogy a vizsgálati eredmények és az azokból képzett betonosztályok – mint például a nyomószilárdsági osztály, testsűrűségi osztály, környezeti osztály, konzisztencia osztály, kloridtartalmi osztály, fagyállósági osztály, vízfelvételi osztály, vízzárósági osztály, kopásállósági osztály –, valamint a beton ezekből képzett jelölése nem választhatók, illetve nem választható el a vizsgált beton korától.

A beton „szabványos jele” kifejezés a friss beton tulajdonságait tükröző jel megnevezése, amely a megszilárdult monolit beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezet, vagy előregyártott szerkezeti elem betonjának állapotáról tájékoztatást nem ad, amely jellel helytelen a szerkezetbe beépített szilárd betont felruházni, és amelyre a szilárd betonból származó próbatestek vizsgálati eredményének értékelése során legfeljebb csak múltidőben szabad hivatkozni.

A betonok „szabványos jele”, „szabványos jelölése” vagy röviden „a beton jele” kizárólag a friss betonok legfontosabb tulajdonságai osztályának megjelölésére szolgál, míg a szerkezetbe beépített betonok tulajdonságai a vizsgálati eredmények átlagos vagy jellemző értékének (karakterisztikus értékének) megadásával írhatók le.

Ezért írják az MSZ 4798:2016 betonszabvány 1. fejezetében, hogy „Ez a szabvány a betonra mint termékre vonatkozik, és nem vonatkozik a szerkezetbe már beépített betonra”, és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 méretezési szabvány 3.1.2. szakaszában, hogy az *Arrhenius*-féle összefüggést „egy nem megfelelő referenciaszilárdság visszamenőleges igazolására általában nem szabad alkalmazni, még az utószilárdulás figyelembevételével sem”. Ugyanez vonatkozik a nyomószilárdsági osztály jelére is, amely a beton szabványos jelének legfőbb megtestesítője.

Az átadás-átvételi eljárás – legkésőbb a friss betonból vett átadás-átvételi próbatestek vizsgálati eredményeinek értékelését követő – végső zárultával a beton sorsát illetően az MSZ 4798:2016 szabvány szerepe véget ér, a továbbiak nem tartoznak az MSZ 4798:2016 szabvány érvényességi körébe (7.1. ábra).



7.1. ábra: A beton szabványos jele a friss beton átadás-átvételi eljárásának végső zárultával érvényét veszti (A 7.1. ábra nyomószilárdság tervezési értékre vonatkozó részének magyarázata e könyv 4.2. fejezetében található, lásd a 4.4. ábrát is.)

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton jele a következő tagokból áll (a beton jele tagjainak sorszámát fekete körben tüntettük fel, ha azok szerepeltetése kötelező, és fehér körben, ha azok a beton jelében feltételesen szerepelnek):

❶ **Nyomószilárdsági osztály** betűjellel és két számértékkel kifejezett jele, például szokványos (közönséges, normál) beton esetén: C25/30, könnyűbeton esetén: LC20/22, nehézbeton esetén: HC30/37. Megjegyzendő, hogy nehézbeton esetén a HC betűjel használatát szabvány nem írja elő, helyette általában a C betűjelet alkalmazzák.

❶⁺ Ha a nyomószilárdságot **50% elfogadási valószínűség** mellett – az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint, az Eurocode 2 szabvány alapján – értékelik, akkor a nyomószilárdsági osztály fenti jele után fel kell tüntetni (tapadó kötőjellel) az erre utaló AC₅₀(H) kísérőjelet, például: C25/30-AC₅₀(H).

❷ Ha a beton könnyűbeton, akkor a szilárd **könnyűbeton testsűrűségi osztályának** jele, például: ρ_{LC} 1,8.

❸ **Környezeti osztály vagy osztályok** jele, például: XC4, vagy több környezeti osztály esetén: XC4-XF1-XA2.

Ha a környezeti osztályhoz tartozó ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály csak a beton 28 napos kora után, az utószilárdulás folyamán, **90 napos korra teljesül** – és ezt írásban igazolják –, akkor azt a környezeti osztály jelében „90” alsó indexszel kell jelezni. Például: XD2₉₀(H). Ebben az esetben a beton jelében meg kell adni az alkalmazandó cement jelét is.

Ha valamely környezeti osztályt magyar nemzeti szabvány vezet be, akkor a környezeti osztály jelében fel kell tüntetni **Magyarország nevének rövid jelét** (H), például: X0b(H), X0v(H), XD2₉₀(H), XF2(H), XA5(H), XK1(H), XV1(H)/V0, XV1(H).

Ezt a szabályt kell alkalmazni a magyar szabványok bevezette egyéb jelölések esetén is, olykor alsó indexbe írva a H betűt, például: $f_{ck,cube,H}$ (MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha a jelet másik magyar szabályozó irat vezet be, akkor ugyanígy kell eljárni.

❹ Adalékanyag névleges **legnagyobb szemmagyságának** a számértéke, például: 24 mm.

❺ Ha a beton adalékanyaga nem homokos kavics, az **adalékanyag megnevezése**, amellyel a beton készül, például: zúzottkő és megadva annak fajtáját (például bazalt zúzottkő, andezit zúzottkő, dolomit zúzottkő stb.), vagy barit, duzzasztott agyagkavics stb.

❻ **Konzisztencia osztály** jele, például: F3; vagy a konzisztencia jele a mérőszám határértékeivel, például: F3 (420-480 mm), vagy a konzisztencia jele a mérőszám átlagértékével és a tűréssel például: F3 (450±30 mm). A konzisztencia osztály jele a kivitelezővel kötendő szerződésben akkor is egyértelműen (egyetlen jellel) rögzítendő, ha a beton jelének megadásakor vagy a betontervezés során a konzisztenciamérési módszer mibenléte még nem volt ismert, és az előíró vagy tervező a konzisztencia jelét két mérési módszerhez illesztve is megadta, például terülméréssel: F3 és alternatívaként roskadásméréssel: S2.

Az önterülő-öntömörödő beton konzisztenciáját az MSZ 4798:2016 szabvány öntömörödő betonokra vonatkozó konzisztencia osztályainak jelével kell megadni.

❼ Ha a betonnak a **cement** tömegére vonatkoztatott megengedett **kloridiontartalma** 0,2 tömeg% – útbeton esetén 0,4 tömeg% (MSZ EN 13877-1:2013) – akkor azt a beton

jelében nem kell megadni, ha ennél kisebb, akkor a megengedett kloridiontartalom jelét a beton jelében szerepeltetni kell (például feszített vasbeton esetén). Például: C_l 0,10.

- ⑧ Ha a kiíró követelményként megadja a **cement** minőségét és esetleg a **II. típusú kiegészítőanyag** minőségét is, akkor annak, illetve azok jelét a beton jelében fel kell tüntetni (például: CEM I 42,5 vagy CEM I 42,5 – Szilikapor).
- ⑨ Ha a beton **tervezési élettartama** 50 év, akkor a tervezési élettartamot a beton jelében nem kell megadni, ha ettől eltérő (például: 100 év), akkor azt a beton jelében fel kell tüntetni.
- ⑩ **A szabvány, esetleg műszaki előírás száma évszámmal** (például: MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018, e-UT 06.03.31:2017)

A betonjel tagjait egymás után, kötőjel közbeiktatásával tüntetjük fel:

① – (①⁺) – ② – ③ – ④ – ⑤ – ⑥ – ⑦ – ⑧ – ⑨ – ⑩

A tervezői műszaki leírásnak, a betontechnológiai előírásnak, illetve a beton megrendelő és szállítási dokumentumának a **beton jelen kívül** tartalmaznia kell minden olyan követelményt, amelyet az építmény vagy a beton készítésével, illetve átadás-átvételével kapcsolatban a beton jelen kívül előírnak. Ilyen például a betont befogadó építmény szerkezeti osztálya, nyomószilárdság jellemző értékének kiszámításához szükséges alulmaradási tényező fajtája (*Taerwe*-féle vagy *Student*-féle), illetve bármilyen más, a beton minőségével kapcsolatos egyéb követelmény (például szulfátállóság, szikramentesség stb.).

Példák a beton MSZ 4798:2016 szabvány szerinti jelére:

1. példa: Annak a C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből káros környezeti hatásnak ki nem tett vasalt beton pincealap készül (környezeti osztály: X0v(H)), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 48$ mm, konzisztenciája kissé képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni és a roskadási mértéknek 10-40 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S1, a következő:

C16/20 – X0v(H) – 48 – S1 – MSZ 4798:2016

2. példa: Annak a C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből fagyhatár alatti, talajvízszint feletti vasbeton sávalap készül (környezeti osztály: XC2, XV1(H)/V0), vízfelvétele legfeljebb 4 tömeg%, névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni, és a roskadási mértéknek 50-90 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S2, a következő:

C25/30 – XC2 – XV1(H)/V0 – 32 – S2 – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018

3. példa: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37 – XC3 – 24 – F3 – MSZ 4798:2016

4. példa: Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3, XD3), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C35/45-AC₅₀(H) – XC3 – XD3 – 24 – F3 – MSZ 4798:2016

5. példa: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből csúszózsalus építésmóddal CEM I 42,5 N-SR 0 szulfátálló portlandcement- és szilikaportartalmú vasbeton siló épül (környezeti osztály: XC4, XD1, XF1, XA5(H), XK1(H)), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van és tömörítési mértéke 1,11-1,25 közé esik, tehát konzisztencia osztálya C2, megengedett kloridiontartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,2 tömeg%, a következő:

C30/37-AC₅₀(H) – XC4 – XD1 – XF1 – XA5(H) – XK1(H) – 24 – C2 – Cl 0,20 –
CEM I 42,5 N-SR 0 – Szilikapor – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018

6. példa: Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek az erőtani méretezés szerint szükséges nyomószilárdsági jellemző értéke $f_{ck,cyl} = 35$ N/mm² (a környezeti hatás miatt C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton is megfelelne) és nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, amely betonból esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 24$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C35/45-AC₅₀(H) – XC3 – 24 – F3 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798:2016 vagy
C35/45-AC₅₀(H) – XC3 – 24 – F3 (420-480 mm) – CEM I 52,5 – 100 év –
MSZ 4798:2016

7. példa: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszerrel gyártott betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből fagy és sózás hatásának kitett vasbeton híd pályaszegélye készül (környezeti osztály: XC4, XF4, XK2(H), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 450 ± 30 mm, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37-AC₅₀(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 – MSZ 4798:2016 vagy
C30/37-AC₅₀(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 (450 ± 30 mm) – MSZ 4798:2016

8. példa: Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú, kopásálló, légbuborékképző adalékszer nélkül gyártott bazaltbetonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből koptatóhatásnak, és fagy és sózás hatásának kitett beton térburkolat készül (környezeti osztály: XK3(H)), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 32$ mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C40/50-AC₅₀(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 –
MSZ 4798:2016 vagy
C40/50-AC₅₀(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 (450 ± 30 mm) –
MSZ 4798:2016

9. példa: Annak az LC12/13 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek a testsűrűsége szilárd állapotban $1600-1800 \text{ kg/m}^3$ közé esik, adalékanyaga duzzasztott agyagkavics, és amelyből könnyűbeton belső teherbíró fal épül (környezeti osztály: X0b(H)), névleges legnagyobb szemmagysága $D_{\max} = 16$ mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van, tömörítési mértéke 1,11-1,25 között van, konzisztencia osztályának jele a tömörítési mérték jelével kifejezve C2, a következő:

LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 – MSZ 4798:2016 vagy
LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 (1,25-1,11) –
MSZ 4798:2016

Az e-UT 06.03.31:2017 (ÚT 2-3.201:2006) ütügyi műszaki előírastervezet szerint a pályaburkolati betonok (útbetonok) betűjele CP, a betűjel után a sablonban készített, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának jellemző értékét és törtvonal után a kifűrt magmintákon meghatározott hasító-húzószilárdságának jellemző értékét kell feltüntetni, mindkettőt N/mm^2 mértékegységben kifejezve.

A pályaburkolatok jele tartalmazza az adalékanyag legnagyobb szemmagyságát mm-ben, a friss beton konzisztencia osztályának jelét vagy konzisztenciájának mértékét, az útbeton környezeti osztályának a jelét és az ütügyi műszaki előírás számát is.

A szilárdsági osztály jelével azonban gondjaink vannak, ugyanis a transzportbeton gyártója nem tehető felelőssé a pályalemezbe bedolgozott beton tömörségéért, utókezeléséért, a környezeti hatásoktól is befolyásolt szilárdulási folyamatáért, következésképpen a kifűrt magminta szilárdságáért; a pályaburkolatok szilárdsági jele nincs összhangban a beton jelének felfogásunk szerinti értelmezésével.

Egyébként az MSZ 4798:2016 betonszabvány az út- és térburkolatok betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő ütügyi műszaki előírás erre a szabványnak hivatkozik.

Példa a pályaburkolati beton (útbeton) e-Ut 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírastervezet szerinti jelére:

10. példa: Annak az útbetonnak a jele, amelynek formában készített, 150×150×600 mm méretű, kizsaluzás után véig víz alatt tárolt próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban legalább 4 N/mm² (F4,0), a kifűrt magmintából kialakított, Ø150×150 mm méretű, vegyesen tárolt próbahengereken meghatározott hasító-húzószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban legalább 2,7 N/mm² (SC2,7), fagy és olvasztósó hatása éri, légbuborékképző adalékszerrel készül, megfelel a k10/15 kopásállósági osztály követelményének, adalékanyaga 32 mm legnagyobb szemnagyságú bazalt zúzottkő és friss beton konzisztencia osztálya F2, a következő:

CP4/2,7 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Nézetünk szerint a 10. példának megfelelő transzportbetont a gyártótól például a következő jellel lenne szabatos megrendelni:

CP-F4,0 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Összegezve: A friss betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei a friss beton tulajdonságait, a megszilárdult betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei az adott korú megszilárdult beton tulajdonságait jellemzik.

A betonok „szabványos jele”, „szabványos jelölése” vagy röviden „a beton jele” kizárólag a friss betonok legfontosabb tulajdonságai osztályának megjelölésére szolgál, míg a szerkezetbe beépített betonok tulajdonságai a vizsgálati eredmények átlagos vagy jellemző értékének megadásával írhatók le. Ugyanez vonatkozik a nyomószilárdsági osztály jelére is, amely a beton jelének legfőbb megtestesítője.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti betonok szabványos jele a nyomószilárdsági osztály jelét, ha a nyomószilárdsági eredményeket az 50%-os elfogadási valószínűség alapján értékelik, akkor annak kísérőjelét, a környezeti osztályok, az adalékanyag legnagyobb szemnagysága, a konzisztencia osztály jelét és a szabvány jelzetét kötelezően tartalmazza.

A beton jelében feltételesen – szükség szerint – szerepel, ha könnyűbeton, akkor a testsűrűségi osztály jele; ha az adalékanyag nem homokos kavics, akkor az adalékanyag megnevezése; ha a betonnak a cement tömegére vonatkoztatott megengedett kloridion-tartalma kevesebb mint 0,2 tömeg%, akkor a megengedett kloridion-tartalom jele; a cement és esetleg az aktív, puccolános vagy rejtett hidraulikus tulajdonságú, úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyag jele; a beton tervezési élettartama, ha az nem 50 év.

A tervezői műszaki leírásban, a betontechnológiai előírásban, illetve a beton megrendelő és szállítási dokumentumában a beton jelén kívül meg kell adni minden olyan követelményt, amelyet az építmény vagy a beton készítésével, illetve átadás-átvételével kapcsolatban a beton jelén kívül előírnak.

B. BETONTULAJDONSÁGOK OSZTÁLYAI

Azoknak a betontulajdonságoknak vannak osztályai, amelyek alapján a friss betont mint terméket jellemezzük, minősítjük. A beton jelében e termékminősítő tulajdonságok osztályai szerepelnek.

8. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY

8.1. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY JELE

Az MSZ 4798:2016 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a szokványos (közönséges, normál) beton nyomószilárdsági osztályának betűjele *C*, a könnyűbetoné *LC*³¹⁵. A betűjel után törtvonallal elválasztott két számjegy következik.

Az első számjegy a szabványos, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengeren 28 napos korban meghatározandó *hengersizilárdság előírt jellemző (karakterisztikus³¹⁶) értéke* ($f_{ck,cyl}$), a második a szabványos, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 150 mm élhosszúságú próbakockán 28 napos korban meghatározandó *kockaszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke* ($f_{ck,cube}$) N/mm² mértékegységben, például: C20/25.

Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798:2016 szabvány *P* melléklete szerint 50%-os elfogadási valószínűség mellett értékelik, akkor a nyomószilárdsági osztály fenti jele után fel kell tüntetni (tapadó kötőjellel) az erre utaló AC₅₀(H) kísérőjelet, például: C25/30-AC₅₀(H).

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati próbatesteket szabad vegyesen is tárolni. Ebben az esetben a mért $f_{ci,H}$ nyomószilárdságot át kell számítani a víz alatt tárolt próbatest f_{ci} nyomószilárdságára (lásd a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábrát). A kizsaluzást követő végig víz alatti tárolástól való eltérést az MSZ EN 12390-2:2019 szabvány 5.5.3. szakasza is megengedi, de vita esetén a vízben tárolt próbatesteken meghatározott nyomószilárdság vizsgálati eredmények a döntők.

A nyomószilárdsági osztály a még be nem épített betonból vett, sablonban készített, általában 28 napos, esetleg előzetes írásbeli megállapodás esetén 42 napos (például esetleg útépitési beton) vagy 56 napos korú (például tömegbeton) esetleg legfeljebb 90 napos korú (például nagyon lassú szilárdulású beton) próbatesten, az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.1.2. szakasza szerint mért nyomószilárdságra vonatkozik, és előírt karakterisztikus (jellemző) értéke is e betonkorok valamelyikéhez, általában a 28 napos, esetleg a 42, 56 vagy legfeljebb 90 napos korhoz tartozik.

A nyomószilárdsági osztályokat az MSZ 4798:2016 szabvány 12. és 13. táblázata tartalmazza. A szokványos (közönséges, normál) betonok és a nehézbetonok legkisebb és legnagyobb nyomószilárdsági osztályai C8/10 – C100/115 (8.1. táblázat), a könnyűbetonoké LC8/9 – LC80/88 (8.2. táblázat). A beton *C* és *LC* betűjelét a nyomószilárdsági osztály kettős számjele előtt – azzal egybeírva – kell feltüntetni.

³¹⁵ A könnyűbeton jelöléséből észszerűen következne, hogy a nehézbetont HC betűvel jelöljük, de ezt a betűjelet sem az MSZ EN 206:2013+A1:2017, sem az MSZ 4798:2016 szabvány nem alkalmazza. A HC betűjel hiányában az adalékanyag megnevezésével utalhatunk arra, hogy a beton nehézbeton vagy sugárvédő beton.

³¹⁶ A „jellemző érték” az MSZ EN 1992 (Eurocode 2), MSZ EN 1994 (Eurocode 4), MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016 stb. szabvány szerinti „karakterisztikus érték” magyar megfelelője, a „characteristic value” kifejezés fordítása. A szabványok olykor jellemző szilárdságként („characteristic strength”) is említik.

Nagyszilárdságú a szokványos (közönséges, normál) beton és a nehézbeton, ha a nyomószilárdsági osztályának jele legalább C55/67, a könnyűbeton pedig akkor, ha a nyomószilárdsági osztályának jele legalább LC55/60. A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha a végig víz alatt tárolt, 28 napos korú, szabványos méretű próbahengeren értelmezett átlagos nyomószilárdsága legalább 60-110 N/mm².

Az *ultra nagyszilárdságú* beton tulajdonságaival az MSZ 4798:2016 szabvány nem foglalkozik. Ultra nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha tapasztalati jellemző értéke legalább mintegy 10%-kal nagyobb, mint az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti C100/115 nyomószilárdsági osztályú szokványos (közönséges, normál) beton és nehézbeton, vagy LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke. A szabványos ultra nagyszilárdságú betonpróbakocka átlagos nyomószilárdsága általában legalább 135 N/mm², és elérheti a 250, esetleg 300 N/mm² értéket is.

A Model Code 2010 modell kód 5. fejezete szerint a közönséges (normál) betonok legkisebb nyomószilárdsági osztálya C12, és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya C120, hivatkozással az ISO 1920-3:2004 szabványra.

8.1. táblázat: Szokványos (közönséges, normál) betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztálya

Nyomószilárdsági osztály		Hengerszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke	Kockaszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke
Szokványos beton és nehézbeton		$f_{ck,cyl}$ N/mm ²	$f_{ck,cube}$ N/mm ²
C8/10 ¹⁾		8	10
C12/15		12	15
C16/20		16	20
C20/25		20	25
C25/30		25	30
C30/37		30	37
C35/45		35	45
C40/50		40	50
C45/55		45	55
C50/60		50	60
Nagyszilárdságú	C55/67	55	67
	C60/75	60	75
	C70/85	70	85
	C80/95	80	95
	C90/105	90	105
	C100/115	100	115
	C110 ²⁾	110	130
	C120 ²⁾	120	140

Megjegyzés:

¹⁾ A Model Code 2010 nem ismeri, a Model Code 2010 5. fejezete szerint C12 a legkisebb nyomószilárdsági osztály

²⁾ A Model Code 2010 5. fejezete szerint.

8.2. táblázat: Könnyűbetonok nyomószilárdsági osztálya

Nyomószilárdsági osztály		Hengszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke $f_{ck,cyl}$ N/mm ²	Kockaszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke $f_{ck,cube}$ N/mm ²
LC8/9		8	9
LC12/13		12	13
LC16/18		16	18
LC20/22		20	22
LC25/28		25	28
LC30/33		30	33
LC35/38		35	38
LC40/44		40	44
LC45/50		45	50
LC50/55		50	55
Nagy-szilárdságú	LC55/60	55	60
	LC60/66	60	66
	LC70/77	70	77
	LC80/88	80	88

A beruházónak, a vevőnek jogában áll a nyomószilárdsági osztályon kívül a szerkezetbe beépítésre kerülő beton nyomószilárdsági osztálya teljesülésének biztonsági szintjét is előírni, amely a beton nyomószilárdsági osztály meghatározásában – például az AC₅₀(H) nyomószilárdság-kísérőjellel kifejezve – jelenik meg, és az átadás-átvétel feltételét is képezi. A nyomószilárdsági osztály teljesülésének biztonsági szintjét az építmény megvalósításával kapcsolatos szerződésekben rögzíteni kell.

A felek megállapodhatnak az MSZ EN 206:2013+A2:2021 európai, illetve MSZ 4798:2016 nemzeti szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályoktól eltérő nyomószilárdsági követelmények alkalmazásában is.

Összegezve: Az MSZ 4798:2016 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a szokványos (közönséges, normál) beton nyomószilárdsági osztályának betűjele C, a könnyűbetoné LC. A betűjel után törtvonallal elválasztva a szabványos, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 28 napos korú Ø150×300 mm méretű próbahengereken és 150 mm élhosszúságú próbakockákon meghatározandó nyomószilárdság előírt jellemző értéke áll N/mm² mértékegységben.

Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint 50%-os elfogadási valószínűség mellett értékeli, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni (tapadó kötőjellel) az erre utaló AC₅₀(H) kísérőjelet.

8.2. MÉRTÉKADÓ NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY MEGHATÁROZÁSA

Az erőtani számításból adódó szükséges nyomószilárdsági osztály nem feltétlenül esik egybe a környezeti feltételek szerint szükséges nyomószilárdsági osztállyal.

Szokványos (közönséges, normál) betonok esetén az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály (8.1. táblázat) és a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt, szükséges nyomószilárdsági osztály (10.1. táblázat) közül általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

Ennek értelmében, ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály nagyobb, mint a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt, szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor természetesen az erőtani számítás eredménye alapján megállapított nyomószilárdsági osztály a mértékadó.

Ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt, szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor a mértékadó nyomószilárdsági osztály kiválasztása tekintetében két eset lehetséges:

- ha az adott építmény esetén felelősséggel nem bizonyított, hogy az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor a környezeti feltételek alapján a környezeti osztályok társításából (*e könyv 10.2. fejezete*) adódó nyomószilárdsági osztályt *kell* mértékadónak tekinteni. Erre az esetre vonatkozik az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázata alatti, a beton tengelyirányú húzószilárdságának átlagértéke (f_{ctm}) számítására vonatkozó megjegyzés: „A beton összetétele befolyásolja mind a vasalás védelmét, mind a beton környezeti hatásokkal szembeni ellenállását. Az E melléklet a különböző környezeti osztályokhoz előírányzott betonszilárdsági osztályokat tartalmazza. Ez az erőtani tervezéshez szükségesnél nagyobb szilárdsági osztályok alkalmazásához vezethet. Ilyen esetekben a minimális acélmennyiség számításakor és a repedéstágasság vizsgálatokor a nagyobb szilárdsághoz tartozó f_{ctm} értéket kell figyelembe venni.”;
- ha az adott építmény esetén felelősséggel és írásban bizonyítják, hogy az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak – a tervezési élettartam alatt – ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztályt *lehet* mértékadónak tekinteni.

Annak, hogy a beton erőtani számítással meghatározott szükséges nyomószilárdsági osztálya kisebb, mint a környezeti feltételek alapján a környezeti osztályok társításából adódó nyomószilárdsági osztály, és írásban bizonyítják, hogy az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály elegendő a környezeti hatásoknak a tervezett használati élettartam alatt ellenálló beton készítéséhez, jellegzetes példáját adhatja a CEM III fajtájú kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011) alkalmazása.

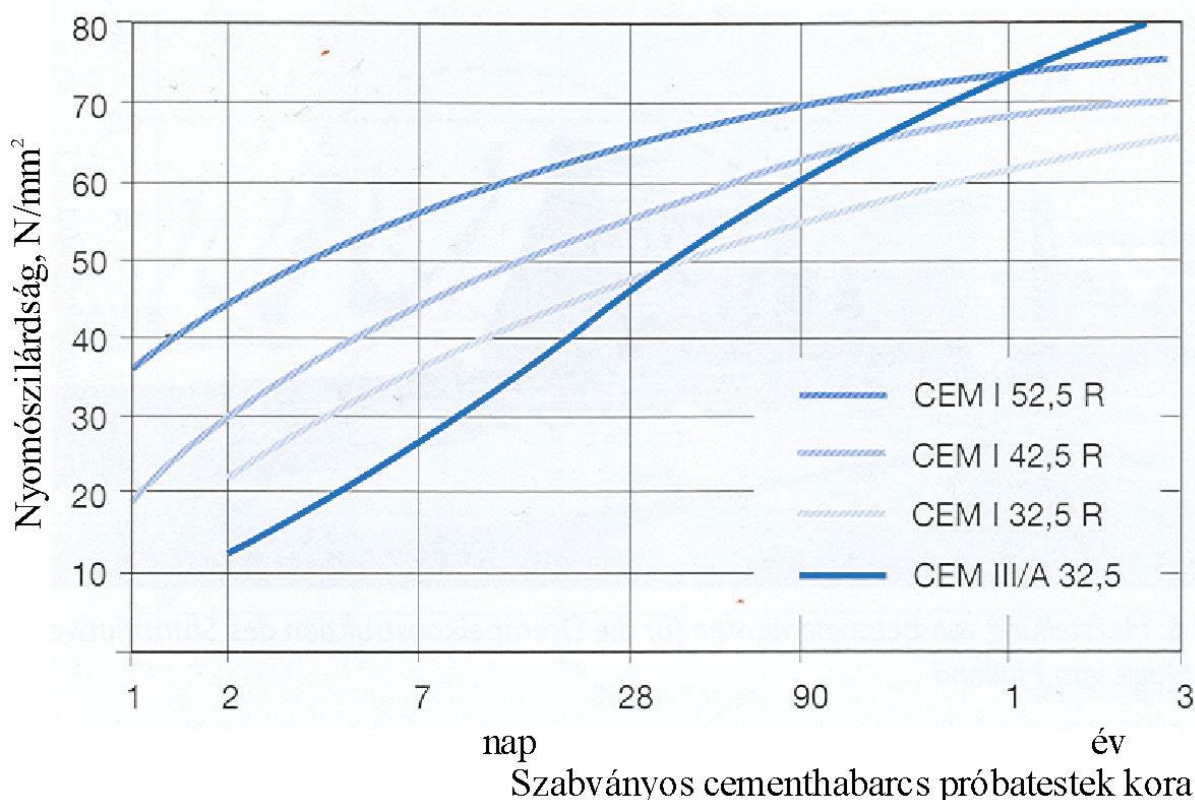
A portlandcementeknél lassabban szilárdul, de jelentős utószilárdulású CEM III/A kohósalakcement nyomószilárdsága 28 napos korban elmarad a CEM I fajtájú portlandcementek nyomószilárdságától, de egyéves korban az utóbbiakét általában már meg is haladja (8.1. ábra).

Ezért feltételezhető, hogy a CEM III kohósalakcementtel gondosan készített és utókezelt beton nyomószilárdsági osztálya négy-öt hónapos korra eléri a 28 napos korú betonnak a környezeti

feltételek alapján – a környezeti osztályok társításából adódó – szükséges nyomószilárdsági osztályát.

Nem kizárt tehát, hogy bizonyítható: CEM III kohósalakcement alkalmazása esetén az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges – a környezeti osztály nyomószilárdsági követelményénél kisebb –, 28 napos korra vonatkozó nyomószilárdsági osztály elegendő a környezeti hatásoknak a tervezett használati élettartam alatt ellenálló beton készítéséhez.

Bármiképpen történik is a mértékadó nyomószilárdsági osztály meghatározása, a meghatározott mértékadó nyomószilárdsági osztályhoz betontechnológiailag tartozó víz-cement tényezőt, cementtartalmat, adott esetben cementfajtát, valamint a friss beton megengedett vagy megkövetelt levegőtartalmát, illetve az ebből adódó megkövetelt friss beton testsűrűséget kell a betongyártáshoz követelményként elfogadni, illetve előírni. Ezek a betontechnológiailag elfogadott és előírt értékek (víz-cement tényező, cementtartalom, cementfajta, a friss beton levegőtartalma) elégítsék ki a vonatkozó környezeti osztályok követelményeit is.



8.1. ábra: Cementek szilárdulási folyamata (Rendchen et al., 2002)

A környezeti feltételek nyomószilárdsági osztályának teljesülési idejétől függetlenül az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges, szabványos nyomószilárdsági osztály mindig a beton 28 napos korára vonatkozik, és akkor kell teljesülnie. Ez alól ritka kivételt képezhet, ha a tervező a szükséges a cementfajta (például CEM III/A) megjelölésével – például tömegbeton esetén – az erőtani követelményt nem 28 napos, hanem későbbi korra (például 90 nap) vonatkoztatja.

Fentieket már az építmény megvalósítási szerződésében, illetve annak mellékletében rögzíteni szükséges.

Említésre méltó az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány 4.2. szakaszában lévő megjegyzés is, amely szerint a beton összetétele befolyásolja mind a vasalás védelmét, mind a

beton környezeti hatásokkal szembeni ellenállását. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány E mellékletében lévő E1.N táblázat a különböző környezeti osztályokhoz előírányzott betonszilárdsági osztályokat tartalmazza, lényegében az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány F1. táblázatával azonos módon.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1. fejezetének (1) bekezdése szerint az acélszerelés (vasalás) korrózióval és a beton károsító hatásokkal szembeni védeleméhez szükséges megfelelő tartósságú beton készítéséhez alkalmazott beton összetételéhez nagyobb nyomószilárdsági osztályhoz tartozhat, mint amely erőtani tervezés alapján szükséges.³¹⁷ Ilyen esetekben a minimális acélmennyiség számításakor és a repedéstágasság vizsgálatokor a magasabb szilárdsághoz tartozó f_{ctm} értéket (a beton tengelyirányú húzószilárdságának átlagos értékét) kell figyelembe venni. A beton f_{ct} tengelyirányú húzószilárdságának és $f_{ct,sp}$ hasító-húzószilárdságának közelítő összefüggése az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány 3.1.2. szakaszának (8) bekezdése szerint: $f_{ct} = 0,9 \times f_{ct,sp}$.

A Model Code 2010 szerint:

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= \alpha_{sp} \times f_{ctm,sp} = f_{ctm,sp} \quad \text{N/mm}^2, \quad \text{mert } \alpha_{sp} = 1,0 \\ f_{ctk,min} &= 0,7 \times f_{ctm} \quad \text{és} \quad f_{ctk,max} = 1,3 \times f_{ctm} \quad \text{N/mm}^2 \\ &\leq \text{C50 nyomószilárdsági osztály esetén: } f_{ctm} = 0,3 \times (f_{ck})^{2/3} \quad \text{N/mm}^2 \\ &> \text{C50 nyomószilárdsági osztály esetén: } f_{ctm} = 2,12 \times \ln(1 + 0,1 \times (f_{ck} + 8)) \quad \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

Összegezve: Az erőtani számításból adódó szükséges nyomószilárdsági osztály nem feltétlenül esik egybe a környezeti feltételek szerint szükséges nyomószilárdsági osztállyal, amely esetben általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

Ha a környezeti feltételek alapján szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor természetesen az utóbbi a mértékadó.

Ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek alapján szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor abban az esetben, ha az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez nem elegendő, a környezeti feltételek alapján a környezeti osztályok szerint szükséges nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni; abban az esetben pedig, ha az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztályt lehet mértékadónak tekinteni.

³¹⁷ Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány e kitételével kapcsolatban figyelmeztetni kell arra, hogy a beton összetételéhez tartozó átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdsági osztályt kijelölő nyomószilárdsági jellemző értéket az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 szabvány alapján határozzák meg, mely szerint a nyomószilárdság átlagértéke (f_{cm}) és jellemző értéke (f_{ck}) közötti kapcsolatot alapesetben az $f_{ck} = f_{cm} - 4$ N/mm² összefüggés fejezi ki, míg az erőtani tervezés alapját képező MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint a nyomószilárdság jellemző értékét az $f_{ck} = f_{cm} - 8$ N/mm² összefüggéssel kell meghatározni.

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Megnézni: DAfStb Heft 619. meg van nekem

A beton legfontosabb és jól ellenőrizhető tulajdonsága általában a nyomószilárdság, és a beton szilárdság szerinti besorolása szempontjából a nyomószilárdsági osztály.

A nyomószilárdság alkalmazása a beton minősítésére azért sem kerülhető meg, mert nélküle a tartószerkezet teherbírása MSZ EN 1990:2011 szabvány 6.4.2. szakasza szerinti követelményének ($E_d \leq R_d$) – nevezetesen, hogy a teherbírás tervezési értéke (R_d) az igénybevétel tervezési értékénél (E_d) nagyobb vagy azzal legfeljebb egyenlő kell legyen – a teljesülése nem igazolható, mert az igénybevétel tervezési értéke (E_d) teher (terhelés) jellegű mennyiség, amely a betonban nyomófeszültséget (σ_{cu}) ébreszt, feszültség pedig csak feszültség jellegű mennyiséggel, esetünkben a nyomószilárdság tervezési értékével (f_{cd}) állítható párhuzamba ($f_{cd} \geq \sigma_{cu}$). Ennek a feltételnek a teljesülésével teljesül az a követelmény, hogy a beton a nyomó igénybevételnek ellen tudjon állni, azaz, hogy a beton nyomószilárdsági osztályához tartozó előírt jellemző érték ($f_{ck,cyl}$) a nyomófeszültség értékéből (σ_{cu}) számított megengedett legkisebb jellemző értéknél ($f_{ck,cyl,min}$) nagyobb, vagy azzal legalább azonos értékű legyen ($f_{ck,cyl} \geq f_{ck,cyl,min}$), mint az a 4.3. ábrán látszik.

Mind a beton nyomószilárdságának követelménye és vizsgálata, mind a nyomószilárdsági osztály értelmezése a kezdetektől máig sokat változott.

Például az 1926. évi magyar Építésügyi Szabályzat függeléke IV. 1. B) fejezetének V. szakasza úgy rendelkezett, hogy „hajlított vasbeton gerendákban a betonban nyomásra 50 kg/cm^2 , lemezeknél 45 kg/cm^2 lehet az igénybevétel. Oszlopokban, ha a külpontos (excentrikus) terhelésből származó feszültség ki van számítva, 50 kg/cm^2 , központos (centrikus) nyomásra számítható oszlopoknál 40 kg/cm^2 lehet a beton nyomóigénybevétele.” A beton oszlopokban a betonra megengedhető fenti igénybevételt, ha a karcsúság (oszlopmagasság osztva a kisebbik keresztmetszeti mérettel) > 15 és ≤ 20 közé esett, akkor 0,8-del, ha > 20 és ≤ 25 közé esett 0,6-del szorozták.

Az egykori Építésügyi Szabályzat így folytatta: „A vasbetonhoz használandó beton olyan legyen, hogy a belőle vasformában készített 20 cm élhosszúságú próbakockák szilárdsága 6 hetes korukban 160 kg/cm^2 legyen. Kivételesen sürgős esetekben a 4 hetes próba is elegendő. Ily korában a betonnak szilárdsága 140 kg/cm^2 legyen, a szilárdságot úgy értelmezve, hogy négy darab kocka közül háromnak ezt a szilárdságot el kell érnie.”

A biztonsági tényezővel kapcsolatban például Pécsi Eszter³¹⁸ 1947-ben egyebek mellett így írt:

³¹⁸ Pécsi Eszter, Fischer Józsefné (1898, Kecskemét – 1975, New York) okl. mérnök, statikus. Mérnöki oklevelet a Kir. József Műegyetem mérnöki szakosztályán – első nőként – 1920-ban szerzett. Eleinte a Guth és Gergely irodában kezdett dolgozni, majd hamarosan saját irodát nyitott. A Budapesti Mérnöki Kamarának 1931-ben lett a tagja. Pécsi Eszter készítette a margitszigeti fedett uszoda, a Fiumei úti baleseti kórház – amely Budapest első vasszerkezetű magasháza volt – a Kútvölgyi úti kórház és sok modern magánvilla, lakóépület, irodaház stb. szerkezeti tervét. 1949-ben a KGMTI (Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Intézete) munkatársa, majd később statikus főmérnöke lett. 1957-ben elhagyta az országot és Bécsben elkészítette a Neue Markt-on, az Operaház mellett épült első belvárosi többemeletes parkolóháznak a statikai tervét. 1958-tól New Yorkban élt, az első vasbetonvázis felhőkarcolónak, a Hotel Americanak volt a statikus tervezője. Különleges alapozási módszert fejlesztett ki a Hudson folyó partján épülő toronyházakhoz. Tervei háromszor is megkapták „Az év legjobb statikai terve” díjat New York városától. Férje, Fischer József neves építészmérnök volt.

(<http://www.hajosalfred.hu/hun/news.php?id=137>),

(http://jelesnapok.oszk.hu/prod/unnep/pecsi_eszter),

(<http://epiteszforum.hu/node/16265>)

„A biztonsági tényezőnek, vagyis a biztonság mértékének megállapítását időszerűvé teszi az építési anyagoknak, nevezetesen a betonnak és a vasnak újabban elérhető nagyobb szilárdsága. A nagyszilárdságú cement és a megfelelően válogatott adalékanyag, a betonnak vibrátorral történő bedolgozása lehetővé tette, hogy a beton kockaszilárdságát 500 kg/cm^2 -ig, sőt bizonyos esetekben 1000 kg/cm^2 -ig fokozzuk. A betonnyomásra a megengedett igénybevétel fokozása mintegy 100 kg/cm^2 -ig a beton minőségének javulásával mind gazdasági, mind műszaki szempontból kívánatos, amennyiben a betonszilárdság fokozásának előfeltételeit betartják.... A beton szilárdságára a legkülönbözőbb tényezőknek van befolyása, amelynél a beton alkatrészeinek anyagi minősége éppen olyan fontossággal bír, mint a készítés módja és a kész beton utókezelése. Eppen ezért az eltérés a kísérletileg kimutatott kockaszilárdság és az épület szerkezetében előforduló beton szilárdsága között a gyakorlatban még a leglelkiismeretesebb munkamenetnél is nagy, indokolt lenne a biztonság fokát legalább háromszorosnak megállapítani.” (Pécsi 1947)

Ha az egykori $4\text{--}5 \text{ N/mm}^2$ értékű megengedett beton határfeszültségeket a mai – például C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonhoz tartozó –, a tartós szilárdságot is figyelembe vevő $f_{cd} = 28 \text{ N/mm}^2$ tervezési értékkel, vagy az egykori, lényegében kűsöbértéknek tekinthető $14,0 \text{ N/mm}^2$ követelményt a mai $f_{ck, \text{cube}} = 60 \text{ N/mm}^2$ jellemző értékkel összevetjük, egyértelmű a végbement fejlődés.

A beton régi és mai szilárdsági előírásainak összevetése során azonban rögtön felvetődik a kérdés, hogy az adott számértékek minden további meggondolás nélkül összehasonlíthatók-e, ugyanazon feltétel rendszerben értelmezendők-e. A válasz kézen fekvő: nem, hiszen a méretezés módja, a biztonság fogalma, a vizsgálati módszer, a jellemző érték számításának módja, tehát a számértékek mögött álló feltételek az idők folyamán többszörös változáson mentek keresztül.

Tekintsük át ezeket a változásokat a magyar és európai szabványok, valamint néhány hazai szabályzat alapján 1949-től napjainkig:

Feltételek 1949-1951 között

(1941. évi Építésügyi szabályzat, MNOSZ 934:1949)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **átlagértékével** kellett **minősíteni** és **jelölni**, **kp/cm²**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

Feltételek 1951-1971 között

(MNOSZ 934:1951, MNOSZ 15022:1951 Á, MNOSZ 15022:1952, MNOSZ 15022 Mt:1955, 1956. évi Közúti Hídszabályzat, MSZ 4715:1955 K:1959, MSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961, MSZ 4719:1958, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1961 K:1964, MSZ 15022-1:1961 K:1967, MSZ 15022-1:1961)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **átlagértékével** kellett **minősíteni** és **jelölni**, **kp/cm²**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A **biztonsági tényező** értéke, értve alatta a kockaszilárdság átlagértékének és a határfeszültségnek a hányadosát ($R_{m,200, \text{vegyes}}/\sigma_{bH}$), a kockaszilárdság függvényében változott, például B 140 betonminőség esetén 2,00; B 400 betonminőség esetén 2,35 volt. A biztonsági tényező az 1956. évi *Közúti Hídszabályzat* szerint helyszínen készült vasbeton szerkezetek esetén, ha a beton minősége B 200, akkor 2,20, ha B 400, akkor 2,85; helyszínen készült feszített vasbeton szerkezetek esetén, ha a beton minősége B 280, akkor 2,45, ha B 560, akkor 3,10 volt.

Feltételek 1971-1977 között

(MSZ 4715:1961, MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1958, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1971)
A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **átlagértékével** kellett **minősíteni** és **jelölni**, **kp/cm²**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 2,28%, az **alulmaradási tényező** értéke: 2,0. Az alulmaradási tényező értéke a $K_{\text{átlag}} = K_{\text{küszöb}} / (1 - 2 \times s / K_{\text{átlag}}) \rightarrow K_{\text{átlag}} - 2 \times s = K_{\text{küszöb}}$ összefüggésből adódik.

A **biztonsági tényező** értéke $R_{m,200,\text{vegyes}} / \sigma_{\text{BH}} = 2,0$ volt.

Feltételek 1977-1980 között

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1971)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. Ebben az időszakban a 28 napos korú betont már a nyomószilárdság **jellemző** értékével kellett **minősíteni**, de a beton **jelében** még a nyomószilárdság **átlagértékét** kellett szerepeltetni, **kp/cm²**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A beton **jellemző** értékét az $R_{k,200,\text{vegyes}} = 0,7 \times R_{m,200,\text{vegyes}}$ összefüggéssel határozták meg.

A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 2,28%, az **alulmaradási tényező** értéke: 2,0. Az alulmaradási tényező értéke a $K_{\text{átlag}} = K_{\text{küszöb}} / (1 - 2 \times s / K_{\text{átlag}}) \rightarrow K_{\text{átlag}} - 2 \times s = K_{\text{küszöb}}$ összefüggésből adódik.

A **biztonsági tényező** értéke $R_{m,200,\text{vegyes}} / \sigma_{\text{BH}} = 2,0$ volt. Feltételezték, hogy a **relatív szórás** (variációs tényező) értéke $s_{\text{rel}} = 15\%$, tehát $s = 0,15 \times K_{\text{átlag}}$, és ebből $K_{\text{küszöb}} = K_{\text{átlag}} - 2 \times s = K_{\text{átlag}} - 0,3 \times K_{\text{átlag}} = 0,7 \times K_{\text{átlag}}$, illetve a fenti jelöléssel a jellemző érték: $R_{k,200,\text{vegyes}} = 0,7 \times R_{m,200,\text{vegyes}}$

Feltételek 1980-1982 között

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1971 M:1980)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **jellemző** értékével kellett **minősíteni**, de a beton **jelében** még a nyomószilárdság **átlagértékét** kellett szerepeltetni, **kp/cm²**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A beton **jellemző** értékét az $R_{k,200,\text{vegyes}} = 0,75 \times R_{m,200,\text{vegyes}}$ összefüggéssel határozták meg.

A **relatív szórás** (variációs tényező) az 1,645 értékű alulmaradási tényezővel számolva, a $0,75 \times R_{m,200,\text{vegyes}} = R_{m,200,\text{vegyes}} - 1,645 \times s$ összefüggésből $\rightarrow s_{\text{rel}} = 15\%$. A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, az **alulmaradási tényező** értéke, $t_{>40} = 1,645$.

A **biztonsági tényező** értéke $R_{m,200,\text{vegyes}} / \sigma_{\text{BH}} = 2,0$ volt.

Feltételek 1982-1986 között

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1982, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1971 M:1982)

A próbatestek **Ø150×300 mm** méretű hengerek és **150 mm** élhosszúságú kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A 28 napos korú beton nyomószilárdságát a **vegyesen** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek nyomószilárdságának **jellemző** értékével kellett **minősíteni** és **jelölni**, **N/mm²**-ben. Példa a beton jelére: C 25.

A beton **jellemző** értékét az $R_{k,\text{vegyes}} = R_{m,\text{vegyes}} - k \times t \times s$ összefüggéssel kellett meghatározni.

A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, az **alulmaradási tényező** értéke, $t_{>40} = 1,645$, a **relatív szórás** (variációs tényező) 15%.

A **biztonsági tényező** értéke, értve alatta a hengerszilárdság küszöbértékének (jellemző érték) és a határfeszültségnek a hányadosát ($R_{k,\text{cyl},\text{vegyes}} / \sigma_{\text{BH}}$), a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöbértékének) függvényében változott, például C 20 nyomószilárdsági osztály esetén 1,25; C 55 nyomószilárdsági osztály esetén 1,45 volt.

Az MSZ 4719:1982 szabvány 3. táblázatában a szabványos próbahengerek nyomószilárdságának jellemző értékéhez ($R_{k,\text{cyl},\text{vegyes}}$) hozzárendelték a szabványos

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

próbakockák nyomószilárdságának jellemző értékét ($R_{k,cube,vegyes}$), de a $R_{k,cyl,vegyes} = 30 \text{ N/mm}^2$ értéktől felfelé a szabvány szerinti 5 N/mm^2 értékű eltérések hibás kapcsolatra vezettek (például az $R_{k,cyl,vegyes} = 30 \text{ N/mm}^2$ értékhez nem a szabványban szereplő $R_{k,cube,vegyes} = 35 \text{ N/mm}^2$ érték, hanem helyesen az $R_{k,cube,vegyes} = 37 \text{ N/mm}^2$ érték tartozik stb.).

Feltételek 1986-2002 között

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4715-4:1987, MSZ 4719:1982, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1986)

A próbatestek **Ø150×300 mm** méretű hengerek és **150 mm élhosszúságú kockák** voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A beton nyomószilárdságát 28 napos korban a **vegyesen** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek nyomószilárdságának **jellemző** értékével kellett **minősíteni** és **jelölni**, N/mm^2 -ben. Példa a beton jelére: C 25.

A beton **jellemző** értékét az $R_{k,vegyes} = R_{m,vegyes} - k \times t \times s$ összefüggéssel kellett meghatározni. A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, az **alulmaradási tényező** értéke, $t_{>40} = 1,645$, a **relatív szórás** (variációs tényező) 15%.

A **biztonsági tényező** értéke ($R_{k,cyl,vegyes}/\sigma_{bH}$) a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöbértékének) függvényében változott, például C 20 nyomószilárdsági osztály esetén 1,38; C 55 nyomószilárdsági osztály esetén 1,58 volt.

Feltételek 2002-2004 között

(MSZ 15022-1:1986, MSZ EN 206-1:2002, MSZ ENV 1992-1-1:1999, MSZ EN 12390-2:2002, MSZ EN 12390-3:2002)

A próbatestek **Ø150×300 mm** méretű hengerek és **150 mm élhosszúságú kockák** voltak, amelyeket kizsaluzás után végig **víz alatt** tároltak. Az európai szabványoknak megfelelően a beton nyomószilárdságát 28 napos korban a végig **víz alatt** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek, illetve **150 mm élhosszúságú kockák** nyomószilárdságának jellemző értékével kell **minősíteni**, és ezek tört vonallal elválasztott értékével kell **jelölni**, N/mm^2 -ben. Példa a beton jelére: C20/25.

Az európai szabványokban a beton nyomószilárdsága **jellemző** értékének és átlagértékének kapcsolatát többféle, egymástól különböző módon fejezik ki, annak ellenére, hogy az Eurocode-ok előszavában kimondják, hogy az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak és az építményekre vonatkozó műszaki előírásoknak összhangban kell lenniük (bár ne hallgassuk el, hogy az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány nem harmonizált szabvány). Az MSZ ENV 1992-1-1:1999 (Eurocode 2) méretezési szabványtervezet szerint: $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8$; a betonszabvány (MSZ EN 206-1:2002) szerint kezdeti gyártás esetén: $f_{ck} = f_{cm} - 4$ ($\geq \text{C55/67}$ osztály esetén: $f_{ck} = f_{cm} - 5$); folyamatos gyártás esetén: $f_{ck} = f_{cm} - \lambda \times s$, (ha $n = 15$, akkor az **alulmaradási tényező** értéke $\lambda_{15} = 1,48$), míg az MSZ EN 1990:2003 méretezési szabvány szerint $f_{ck} = f_{cm} - t \times s$, (ha $n = \infty$, akkor $t_{n=\infty} = 1,64$). Az európai méretezési szabvány (Eurocode) szerint a meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, míg az európai betonszabvány szerint (MSZ EN 206-1:2002) a meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 70%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%.

A **biztonsági tényező** értéke ($R_{k,cyl,vegyes}/\sigma_{bH}$) a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöbértékének) függvényében változott, például C25/30 nyomószilárdsági osztály esetén 1,38; C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén 1,58 volt.

Feltételek 2004-2010 között

(MSZ 4798-1:2004, MSZ 15022-1:1986, MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 1990:2005, MSZ EN 1992-1-1:2005, MSZ EN 12390-2:2002, MSZ EN 12390-3:2002)

A szabványos **Ø150×300 mm** méretű hengereket és **150 mm élhosszúságú kockákat** az európai szabványoknak megfelelően kizsaluzás után végig **víz alatt** kell tárolni, de az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási szabványa

(MSZ 4798-1:2004) szerint a **vegyes tárolás is** megengedett. Az víz alatti tárolástól való eltérést az MSZ EN 12390-2:2002 és az azt felváltó MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3. szakasza is megengedi, azzal a megjegyzéssel, hogy az eltérő tárolás mellett meghatározott nyomószilárdságot át szabad számítani a víz alatti tároláshoz tartozó nyomószilárdságra. Az európai szabványoknak megfelelően a beton nyomószilárdságát 28 napos korban, kizsaluzás után végig **víz alatt** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek, illetve **150 mm élhosszúságú kockák** nyomószilárdságának jellemző értékével kell **minősíteni**, és ezek tört vonallal elválasztott értékével kell **jelölni**, **N/mm²**-ben. Példa a beton jelére: C20/25.

Az európai szabványokban a beton nyomószilárdsága **jellemző** értékének és átlagértékének kapcsolatát többféle, egymástól különböző módon fejezik ki, ugyanúgy, ahogy az előző időszakban, annak ellenére, hogy az Eurocode-ok előszavában kimondják, hogy az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak és az építményekre vonatkozó műszaki előírásoknak összhangban kell lenniük (bár megjegyzendő, hogy az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány nem harmonizált szabvány). Az MSZ EN 1990:2005 (Eurocode) méretezési szabvány D7.2. szakasza a szilárdság jellemző tervezési értékének (X_d) meghatározására az $X_d = (\eta_d/\gamma_m) \times (m_x - k_n \times s_x)$ statisztikai összefüggést ajánlja (jelöléseket lásd e könyv 1.3. fejezetében), amely összefüggésben szereplő k_n alulmaradási tényező értéke, ha a relatív szórás ($V_x = s_x/m_x$ variációs tényező) előzetesen nem ismert, viszonylag közel áll az általunk korábban alkalmazott *Student*-tényezőhöz, és értéke $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szint (konfidenciaszint) és $n = \infty$ esetén $k_n = 1,64$. Az MSZ EN 1992-1-1:2005 (Eurocode 2) szabvány szerint: $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8$. Az európai betonszabvány (MSZ EN 206-1:2002) szerint kezdeti gyártás esetén: $f_{ck} = f_{cm} - 4$ ($\geq C55/67$ osztály esetén: $f_{ck} = f_{cm} - 5$); folyamatos gyártás esetén: $f_{ck} = f_{cm} - \lambda \times s$, (ha $n = 15$, akkor az **alulmaradási tényező** értéke $\lambda_{15} = 1,48$), és a meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 70%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%.

A **biztonsági tényező** értéke ($R_{k,cyl,vegyes}/\sigma_{BH}$), a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöbértékének) függvényében változott, például C25/30 nyomószilárdsági osztály esetén 1,38; C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén 1,58 volt.

Feltételek 2010 óta

(MSZ 4798-1:2004, MSZ 4798:2016, MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ EN 1990:2011, MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 12390-2:2009, MSZ EN 12390-3:2009)

A szabványos **Ø150×300 mm** méretű hengereket és **150 mm élhosszúságú kockákat** az európai szabványoknak megfelelően kizsaluzás után végig **víz alatt** kell tárolni, de a magyar nemzeti alkalmazási feltételek szabványa (MSZ 4798-1:2004, MSZ 4798:2016) szerint a **vegyes tárolás is** megengedett. Az víz alatti tárolástól való eltérést az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3. szakasza is megengedi. Az európai szabványoknak megfelelően a beton nyomószilárdságát 28 napos korban, kizsaluzás után végig **víz alatt** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek, illetve **150 mm élhosszúságú kockák** nyomószilárdságának jellemző értékével kell **minősíteni**, és ezek tört vonallal elválasztott értékével kell **jelölni**, **N/mm²**-ben. Példa a beton jelére: C20/25.

Az európai szabványokban a beton nyomószilárdsága **jellemző** értékének és átlagértékének kapcsolatát többféle, egymástól különböző módon fejezik ki, ugyanúgy, ahogy az előző időszakban, annak ellenére, hogy az Eurocode-ok előszavában kimondják, hogy az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak és az építményekre vonatkozó műszaki előírásoknak összhangban kell lenniük (bár megjegyzendő, hogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021 betonszabvány nem harmonizált szabvány). Az **elfogadási valószínűség**, az **alulmaradási hányad** és az **alulmaradási tényező** európai szabványokbeli értékeiben az előző időszakhoz képest változás nem történt.

Változást az MSZ 4798:2016 nemzeti betonszabvány hozott, amelynek P melléklete szerint lehetőség nyílt a nyomószilárdság közel 50% elfogadási valószínűség melletti értékelésére, és ezzel a beton nyomószilárdsága értékelésének az Eurocode szabványokhoz közelítésére, elsősorban a folyamatos gyártás alatt, amelynek idején a beton nyomószilárdságának megfelelését a t_n Student-féle **alulmaradási tényező** alkalmazásával kell igazolni, de valamelyest az átadás-átvételi eljárásban is, amelyben az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványbelihez képest mintegy másfélszeres **alulmaradási tágassággal** kell számolni. Ennek a lehetőségnek az alkalmazása során a beton MSZ 4798:2016 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályának jele után fel kell tüntetni az 50%-os elfogadási valószínűségre utaló AC₅₀(H) kísérelőjelet, például: C25/30-AC₅₀(H).

Az európai méretezési szabvány (MSZ EN 1992-1-1:2010) szerint a **biztonsági tényező** értéke, értve alatta a hengerszilárdság küszöbértékének (jellemző érték, karakterisztikus érték) és a nyomószilárdság tervezési értékének a hányadosát ($f_{ck,cyl,viz\ alatt}/f_{cd}$), a tartós szilárdság figyelembevételével általában 1,5; a tartós szilárdság figyelembevételével általában 1,77. Az 1950-es éveket követően érvényben volt betonos szabványok és előírások főbb változásait a 8.2. ábrán grafikus formában foglaltuk össze. A hisztogramok a szabványok érvényének időtartamát mutatják. A 8.2. ábra vízszintes tengelyén lévő sorszámokhoz a következő szabványok, műszaki előírások tartoznak:

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

- 18 MSZ 4715-4:1972 „Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata”
Előző szabvány: MSZ 4715:1961 Következő szabvány: MSZ 4715-4:1987
- 19 MSZ 4719:1977 „A betonok fajtái, jelölésük és minőségi követelményeik”
Előző szabvány: MSZ 4719:1958 Következő szabvány: MSZ 4719:1982
- 20 ÉSZKMI 19:1977 „Beton és vasbeton készítése” Műszaki irányelv. Építésügyi Szabványosítási Központ. Építésügyi Tájékoztató Központ, 1977.
1. számú kiegészítés: ÉSZKMI 19:1977 K (1977) II. rész. „Tömeges felhasználású különleges betonok” megjelent: 1978.
Előző műszaki előírás: ME-19:1963 Következő műszaki irányelv: MI-04.19:1981
- 21 MSZ KGST 1406:1978 „Beton és vasbetonszerkezetek tervezési alapelvei”
Nem érvénytelenít egyetlen szabványt sem. Következő szabvány: MSZ 15022-1:1986
Jóváhagyás időpontja: 1981. február 13. Hatálybalépés időpontja: 1983. január 1.
- 22 MSZ 15022-1:1971 M (1980) „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbetonszerkezet”
Előző szabvány: MSZ 15022-1:1971 Következő szabvány: MSZ 15022-1:1971 M (1982)
- 23 MSZ 4720-2:1980 „A beton minőségének ellenőrzése. Általános tulajdonságok ellenőrzése”
Előző szabvány: MSZ 4720:1961
Következő szabvány: MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004
- 24 MI-04.19:1981 „Beton és vasbeton készítése” építésügyi ágazati műszaki irányelv. Építésügyi Szabványosítási Központ. Építésügyi Tájékoztató Központ, 1981.
1. számú módosító kiegészítés: MI-04.19:1981 M (1983), megjelent: 1984.
Előző műszaki irányelv: ÉSZKMI 19:1977
Következő műszaki előírás: MÉASZ ME-04.19:1995
- 25 MSZ 4719:1982 „Betonok”
Előző szabvány: MSZ 4719:1977
Következő szabvány: MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004
(Az MSZ 4719:1982 szabvány 1985 februárjában kelt, a módosításokat is tartalmazó 3. kiadása szerint az érvénybe lépés időpontja: 1983. január 1., de az F2. függelék szerint az új nyomószilárdsági minősítési értékek tekintetében 1984. január 1.)
- 26 MSZ 15022-1:1971 M (1982) „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbetonszerkezet”
Előző szabvány: MSZ 15022-1:1971 M (1980) Következő szabvány: MSZ 15022-1:1986
- 27 MSZ 15022-1:1986 „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek”
Előző szabvány: MSZ 15022-1:1971, MSZ 15022-1:1971 M (1982), MSZ KGST 1406:1978
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010
- 28 MSZ 15022-2:1986 „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Feszített vasbeton szerkezetek”
Előző szabvány: MSZ 15022-2:1972
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

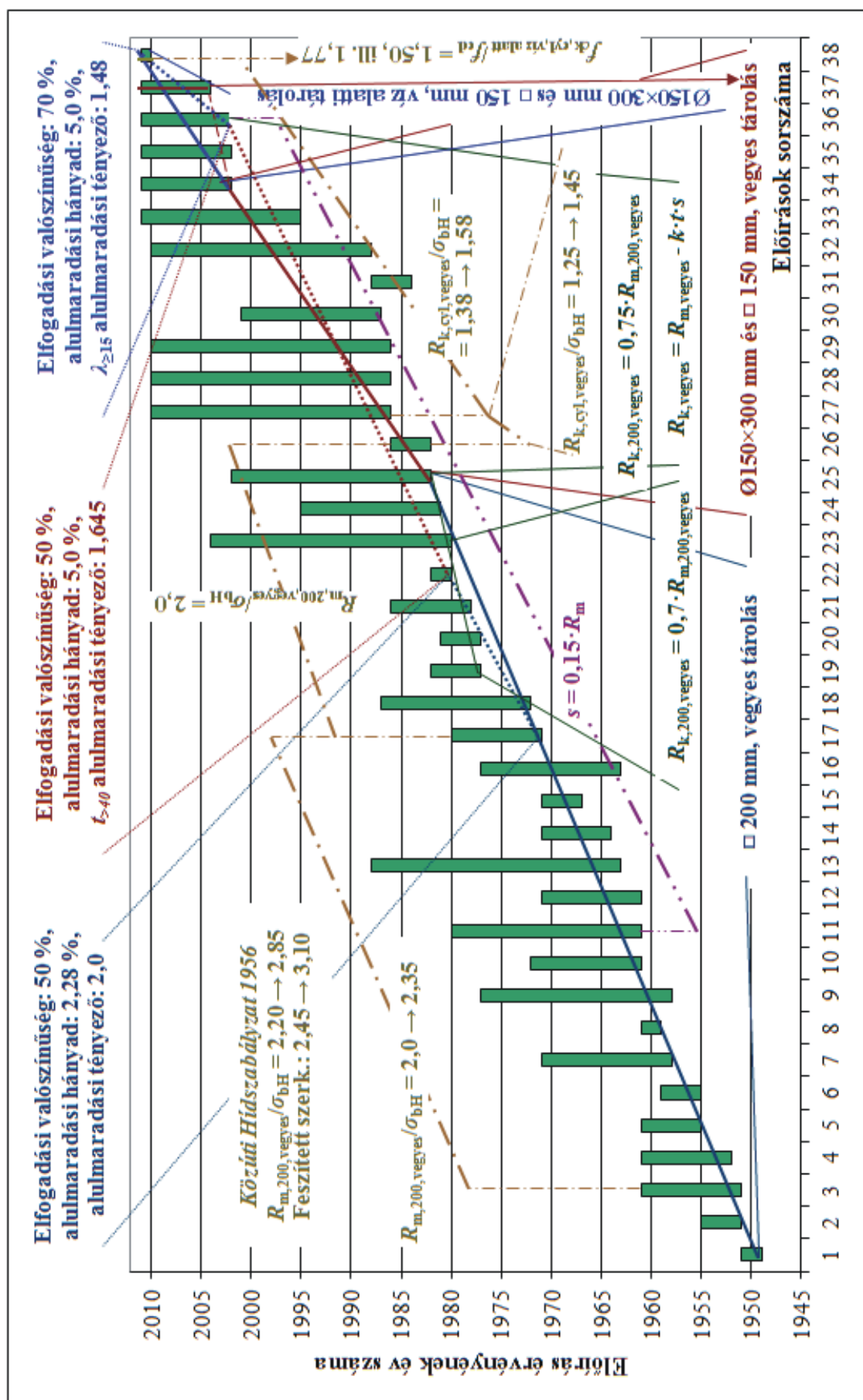
Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

- 29 MSZ 15022-3:1986 „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Betonszerkezetek”
Előző szabvány: MSZ 15022-3:1972
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010
- 30 MSZ 4715-4:1987 „Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata”
Előző szabvány: MSZ 4715-4:1972 Következő szabvány: MSZ EN 12390-2 és -3:2002
- 31 MSZ 15227:1980 M (1984) „Vízépítési műtárgyak vasbeton szerkezeteinek erőtani tervezése”
Az MSZ 15227:1980 szabványhoz Következő szabvány: MSZ 15227:1980 M (1988)
- 32 MSZ 15227:1980 M (1988) „Vízépítési műtárgyak vasbeton szerkezeteinek erőtani tervezése” Az MSZ 15227:1980 szabványhoz
Előző szabvány: MSZ 15227:1980 M (1984)
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010
- 33 MÉASZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése” Műszaki előírás
Előző műszaki irányelv: MI-04.19:1981
- 34 MSZ EN 12390-2:2002 „A megszilárdult beton vizsgálata. 2. rész: Szilárdságvizsgálati próbatestek készítése és tárolása”
Előző szabvány: MSZ 4715-4:1987
- 35 MSZ EN 12390-3:2002 „A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága”
Előző szabvány: MSZ 4715-4:1987
- 36 MSZ EN 206-1:2002 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés”
Előző szabvány: MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980
Követő szabvány: MSZ EN 206:2013+A1:2017, majd MSZ EN 206:2013+A2:2021
- 37 MSZ 4798-1:2004 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon”
Előző szabvány: MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980
Követő szabvány: MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018
- 38 MSZ EN 1992-1-1:2010 „Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok”
Előző szabvány: MSZ 15022-1, -2 és -3:1986, valamint MSZ ENV 1992-1-1:1999 és MSZ EN 1992-1-1:2005

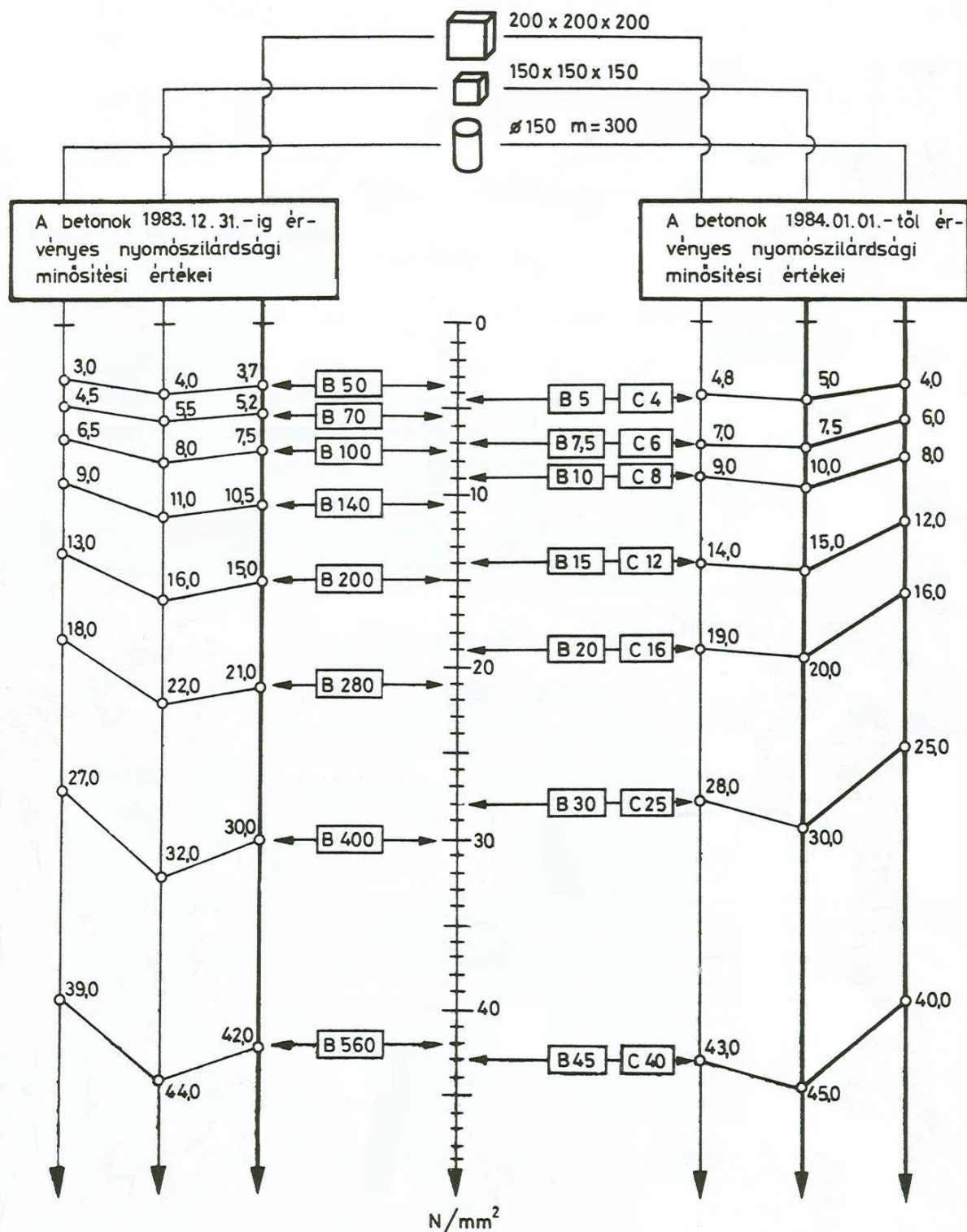
Az 1983-ig érvényben volt és az 1984-ben érvénybe lépett – ma már nem érvényes – nyomószilárdsági osztályok és minősítési értékek (akkor így nevezték a jellemző értéket) összehasonlítását a visszavont MSZ 4719:1982 betonszabványban ábrával könnyítették meg (8.3. ábra).

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet



8.2. ábra: A beton nyomószilárdsága jellemzésének változásai



8.3. ábra: Nyomószilárdsági osztályok és minősítési értékek összehasonlító ábrája az egykori MSZ 4719:1982 szabványban

A 8.3. táblázatban az egymásnak megfelelő átlagos beton nyomószilárdságokat az 1982 előtt érvényes szabványok szerinti átlagos nyomószilárdságokkal vetettük egybe a 20.1.21. és 20.1.2.6. ábra összefüggéseinek felhasználásával, amelyeket az 8.3. táblázatban is feltüntettük.

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

Úgy gondoljuk, hogy az esetenként többféle úton is számítható egyazon adatra vonatkozó esetleges kerekítésből adódó eltérések mondandónkat nem befolyásolják.

8.3. táblázat: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságok szokványos (közönséges, normál), normál szilárdságú (nem nagyszilárdságú) betonok esetén, ha a viszonyítási alap az 1982 előtt érvényes szabványok szerinti átlagos nyomószilárdság ($R_{m,cube,200,H}$)

Időszak					
1951-1982	1982-2002		2002 óta		
Mértékegység					
(kg/cm ²) N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
$R_{m,cube,200,H}$	$R_{m,cyl,H}$	$R_{m,cube,H}$	$f_{cm,cyl}$	$f_{cm,cube,H}$	$f_{cm,cube}$
Összefüggések az $R_{m,cube,200,H} \leq 20$ N/mm ² esetre a 20.1.2.5. ábrából					
		$0,74 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cyl}$			
$0,80 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cyl,H}$	$0,92 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cube}$				
	$(1/0,75) \times R_{m,cyl,H} = R_{m,cube,H}$	$(1/0,81) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube}$			
$1,06 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cube,H}$			$(1/0,74) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube,H}$		
	$0,99 \times R_{m,cyl,H} = f_{cm,cyl}$			$0,92 \times f_{cm,cube,H} = f_{cm,cube}$	
$0,79 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cyl}$					
$0,98 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cube}$					
Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságok, ha $R_{m,cube,200,H} \leq 20$ N/mm ²					
(50) 5	4,0	5,3	4,0	5,3	4,9
(70) 7	5,6	7,4	5,5	7,5	6,9
(100) 10	8,0	10,6	7,9	10,7	9,8
(140) 14	11,2	14,9	11,1	14,9	13,7
(200) 20	16,0	21,3	15,8	21,3	19,6
Összefüggések az $R_{m,cube,200,H} > 20$ N/mm ² esetre a 20.1.2.6. ábrából					
		$0,75 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cyl}$			
$0,83 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cyl,H}$	$0,92 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cube}$				
	$(1/0,77) \times R_{m,cyl,H} = R_{m,cube,H}$	$(1/0,81) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube}$			
$1,09 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cube,H}$			$(1/0,75) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube,H}$		
	$0,98 \times R_{m,cyl,H} = f_{cm,cyl}$			$0,92 \times f_{cm,cube,H} = f_{cm,cube}$	
$0,81 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cyl}$					
$1,00 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cube}$					
Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságok, ha $R_{m,cube,200,H} > 20$ N/mm ²					
(280) 28,0	23,2	30,4	22,7	30,4	28,0
(350) 35,0	29,1	38,0	28,4	38,0	35,0
(400) 40,0	33,2	43,5	32,4	43,5	40,0
(500) 50,0	41,5	54,3	40,5	54,3	50,0
(560) 56,0	46,5	60,9	45,4	60,9	56,0
{-} 57,3	47,6	62,3	46,4	62,3	57,3
{-} 62,3	51,7	67,7	50,5	67,7	62,3
{-} 67,3	55,9	73,1	54,5	73,1	67,3
{-} 72,3	60,0	78,6	58,6	78,6	72,3

Megjegyzések a 8.3. táblázathoz:

1) Az $R_{m,cube,200,H}$ átlagos nyomószilárdság 200 mm élhosszúságú próbakockára, az $R_{m,cube,H}$, $f_{cm,cube,H}$ és az $f_{cm,cube}$ átlagos nyomószilárdság 150 mm élhosszúságú próbakockára, az $R_{m,cyl,H}$ és az $f_{cm,cyl}$ átlagos nyomószilárdság Ø150×300 mm méretű próbahengerre vonatkozik.

2) A nyomószilárdsági jelekben a „H” index (Hungary) az MSZ 4798:2016 szabványt követve a próbatestek kizsaluzást követő vegyes tárolására (például: $R_{m,cube,H}$ vagy $f_{cm,cube,H}$), annak hiány pedig a kizsaluzást követő végig víz alatti tárolásra utal.

A 8.3. táblázat szerinti egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságokból és a szabványosítási időszakban érvényes alulmaradási tágasságokból a 8.4., illetve 8.5. táblázatban meghatároztuk egyrészt az 1982 előtt érvényes szabványok (MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977), másrészt a 2002 óta érvényes Eurocode 2 (mai változata: MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok különböző szabványosítási időszakokban értelmezett nyomószilárdsági osztályát.

A 8.4. táblázat arra a kérdésre ad választ, hogy az 1982 előtt érvényes szabványok szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok a 1982 után érvényes szabványok mely nyomószilárdsági osztályának felelnek meg. Az 1982 előtti időben nyolc nyomószilárdsági osztály volt, míg napjainkban azok száma a C55/67 jelű nyomószilárdsági osztályig tizenegy.

A 8.5. táblázatban azt mutatjuk be, hogy a 2002 óta érvényes Eurocode 2 (mai változata MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982 és MSZ 4798:2016 szabvány mely nyomószilárdsági osztályának felelnek meg.

Az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982, MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ 4719:2016 szabvány egymásnak megfelelő nyomószilárdsági osztályait a 8.4. és 8.5. ábrán vetettük össze. Az összevetés alapját a 8.4. ábrán és a belőle szerkesztett 8.6. táblázatban az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány, a 8.5. ábrán és a belőle szerkesztett 8.7. táblázatban az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi. A 8.4. és 8.5. ábra, illetve a 8.6. és a 8.7. táblázat gyakorlati alkalmazásának alapvetően két területe látszik.

Egyrészt a 8.4. ábra és 8.6. táblázat segítségével – amelyben az összevetés alapját a 1982 előtti szabványok képezik – a 1982 előtti szabványokban, előírásokban, irodalmi közlésekben, számítási módszerekben (például Palotás-féle betontervezési képletek) és terv dokumentációkban szereplő, legfeljebb C50/60 nyomószilárdsági osztályok a mai előírások szerint értelmezhetők, feltéve, ha az összevetésnek az egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztálya képezi az alapját. Például az egykori MSZ 4719:1977 szabvány szerinti B 400 nyomószilárdsági osztályba eső betonok átlagos nyomószilárdságuktól függően az 1982-2002 között érvényben volt MSZ 4719:1982 szabvány szerint C 20, C 25 vagy C 30 nyomószilárdsági osztályúnak, a mai Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerint C20/25, C25/30 vagy C30/37 nyomószilárdsági osztályúnak, az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint C25/30, C30/37 vagy C35/45 nyomószilárdsági osztályúnak, az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint C25/30 vagy C30/37 nyomószilárdsági osztályúnak tekinthetők.

Másrészt a 8.5. ábra és 8.7. táblázat segítségével – amelyben az összevetés alapját a mai Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány képezi – meg lehet vizsgálni, hogy az Eurocode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályú beton az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982, MSZ 4798:2016 szabvány O vagy P melléklete mely nyomószilárdsági osztályával egyenértékű.

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

Például az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1.1:2010) szerinti C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok az 1976 évi Vasúti Hídszabályzat-tervezet szerint a B 350, az MSZ 4719:1982 szabvány szerint a C 16 vagy C 20, az MSZ 4798:206 szabvány O melléklete szerint a C25/30, az MSZ 4798:206 szabvány P melléklete szerint a C20/25 vagy C25/30 nyomószilárdsági osztályba esnek.

$f_{ck} + 4$) szerint adták át, mert a folyamatos gyártás feltétele szerinti $n \geq 15$ vizsgálati eredmény csak ritkán állt rendelkezésre.

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

1951-1982		1982-2002		2002 óta		2016 óta		
$R_{m,cube,H}/\dots = R_{m,cube,200,H}$	Osztály	$R_{m,cube,H} - k \times t \times s = R_{k,cube,H}$	Osztály	$f_{cm,cyl} - 8 = f_{k,cyl}$	Osztály	$f_{cm,cube} - 4 = f_{k,cube}$	Osztály	
$5,41/1,06 = 51 > 50$	B 50	$4/0,74-3,5 = 1,9 < 5$	–	$4-8 < 8$	–	$(4/0,81)-4 = 0,9 < 10$	–	
$10,81/1,06 = 102 > 100$	B 100	$8/0,74-6,3 = 4,5 < 5$	–	$8-8 < 8$	–	$(8/0,81)-4 = 5,9 < 10$	–	
$16,22/1,06 = 153 > 140$	B 140	$12/0,74-9,9 = 6,3 > 5,0$	C 4	$12-8 = 4 < 8$	–	$(12/0,81)-4 = 10,8 > 10$	C 8/10	
$21,62/1,06 = 204 > 200$	B 200	$16/0,74-13,0 = 8,6 > 7,5$	C 6	$16-8 = 8$	C 8/10	$(16/0,81)-4 = 15,8 > 15$	C 12/15	
$27,03/1,06 = 255 > 200$	B 200	$20/0,74-13,7 = 13,3 > 12,5$	C 10	$20-8 = 12$	C 12/15	$(20/0,81)-4 = 20,7 > 20$	C 16/20	
$32,43/1,06 = 306 > 280$	B 280	$24/0,74-14,4 = 18,0 > 15$	C 12	$24-8 = 16$	C 16/20	$(24/0,81)-4 = 25,6 > 25$	C 20/25	
$37,33/1,09 = 343 > 280$	B 280	$28/0,75-14,9 = 22,4 > 20$	C 16	$28-8 = 20$	C 20/25	$(28/0,81)-4 = 30,6 > 30$	C 25/30	
$44,00/1,09 = 404 > 400$	B 400	$33/0,75-15,6 = 28,4 > 25$	C 20	$33-8 = 25$	C 25/30	$(33/0,81)-4 = 36,7 > 30$	C 30/37	
$50,67/1,09 = 465 > 400$	B 400	$38/0,75-16,3 = 34,4 > 30$	C 25	$38-8 = 30$	C 30/37	$(38/0,81)-4 = 42,9 > 37$	C 40/50	
$57,33/1,09 = 526 > 500$	B 500*	$43/0,75-16,9 = 40,5 > 40$	C 35	$43-8 = 35$	C 35/45	$(43/0,81)-4 = 49,1 > 45$	C 45/55	
–	–	$48/0,75-17,4 = 46,6 > 45$	C 40	$48-8 = 40$	C 40/50	$(48/0,81)-4 = 55,3 > 55$	C 50/60	
–	–	$53/0,75-18,0 = 52,7 > 50$	C 45	$53-8 = 45$	C 45/55	$(53/0,81)-4 = 61,4 > 60$	C 55/67	
–	–	$58/0,75-18,5 = 58,9 > 55$	C 50	$58-8 = 50$	C 50/60	$(58/0,81)-4 = 67,6 > 67$	C 65/80	
Lásd: MSZ 4720:1961, MSZ 4719:1977	*A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1976-ban használatba vett Vasúti Hídszabályzat-tervezetben szerepelt	Ha $k = 0,54 + 0,1027 \times \sqrt{R_{m,cube,H}}$, $n = 5$, $t = 2,132$, és az s szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték. Lásd: MSZ 4720-2:1980, MSZ 4719:1982		Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat, MSZ 4798-1:2004 14. táblázat, MSZ 4798:2016 O melléklet (előírás)		
		Elfogadási valószínűség: ~50 %		Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató)		50% < Elfogadási valószínűség < 70%		

Eurocode 2 (mai változata: MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982 és MSZ 4798:2016 (O és P melléklet) szabványok szerinti nyomószilárdsági osztálya (A táblázatban az R és f_c

8.5. táblázat:

A 2002 óta érvényes

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

nyomószilárdság mértékegysége N/mm^2)³²³

³²³ A „2016 óta” oszlophoz tartozó megjegyzés: A nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni (tapadó kötőjellel) az $\text{AC}_{50}(\text{H})$ kísérőjelet.

A 8.7. táblázat jól érzékelteti az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) méretezési szabvány és az MSZ EN 206-1:2002, illetve annak nemzeti alkalmazási dokumentuma, az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány eltérő felfogásának esetleges következményét is. Ha az Eurocode 2 alapján készített tervdokumentáció szerint valamely szerkezet elkészítéséhez például C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség, akkor a betont lehet, hogy az MSZ EN 206-1:2002 szerinti C30/37 minőségben kell elkészíteni ahhoz, hogy a tervezett és a gyártott beton átlagos nyomószilárdsága egymásnak megfeleljen. Ha a gyártó ezt nem veszi figyelembe, és a betont az MSZ EN 206-1:2002 szerinti C25/30 minőségben szállítja, akkor azt át fogja tudni adni, ha az átadás-átvételi eljárás során a beton átlagos nyomószilárdságából a nyomószilárdsági osztályt az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány szerint számítják ki, de nehézségei lehetnek, ha a nyomószilárdsági osztály meghatározását a beruházó, a tervező vagy a vevő az Eurocode 2 méretezési szabvány felfogásában követeli meg.

MEG KELL NÉZNI, HOGY AZ ALÁBBI λ JELÖLÉS HELYES-E.

Például legyen egy beton kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengereken értelmezett átlagos nyomószilárdsága $f_{cm,cyl,test} = 31,2 \text{ N/mm}^2$, amelynek tapasztalati jellemző értéke az MSZ EN 206-1:2002, illetve az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány szerint $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - \lambda_5 \times s_{min} = 31,2 - 1,99 \times 2,2 = 26,8 \text{ N/mm}^2$, és ebből kifolyólag a nyomószilárdsági osztálya C25/30, és ezt a gyártó jóhiszeműen leszállítja. Ha ennek a betonnak a nyomószilárdságát átvételkor a megrendelő nem az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint, hanem az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) előírása szerint ellenőrzi, akkor a beton tapasztalati jellemző értékére $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 = 31,2 - 8 = 23,2 \text{ N/mm}^2$ adódik, amely csak C20/25 jelű nyomószilárdsági osztálynak felel meg. Ha szóban forgó betont a gyártó $f_{cm,cyl,test} = 35,4 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdsággal készítette volna el, akkor igaz, hogy annak az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a tapasztalati jellemző értéke $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - \lambda_5 \times s_{min} = 35,4 - 1,99 \times 2,2 = 31,0 \text{ N/mm}^2$ és a nyomószilárdsági osztálya C30/37, tehát a megrendelnél egy osztállyal nagyobb, de a beton Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szerinti átadása során nem támadtak volna nehézségei, mert a beton $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 = 35,4 - 8 = 27,4 \text{ N/mm}^2$ tapasztalati jellemző értékűnek és C25/30 nyomószilárdsági osztályúnak minősült volna.

Példát e visszásságra a 150 mm élhosszúságú, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbakockák vizsgálatával – és például a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórásának figyelembevételével – meghatározott nyomószilárdsági jellemző értékek esetére is fel lehet írni: legyen például 5 darab szóban forgó betonkocka nyomószilárdságának átlagértéke $f_{cm,cube,test} = 36,1 \text{ N/mm}^2$ és szórása $s_{cube,test,min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ (lásd az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasza alatti D módszert), és egyrészt az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszának (5) bekezdése és a NAD 13. táblázat szerint a jellemző érték: $f_{ck,cube,test} = f_{cm,cube,test} - \lambda_5 \times s_{cube,test,min} = 36,1 - 1,99 \times 3,0 = 30,1 \text{ N/mm}^2$ és így a beton betonszabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya C25/30, másrészt – az MSZ EN 1990:2011 szabvány (Eurocode) D7.2. fejezetét követve – az MSZ 4798:2016 szabvány P2.2.3. szakasza és a NAD P1. táblázat szerint a jellemző érték: $f_{ck,cube,test} = f_{cm,cube,test} - t_5 \times s_{cube,test,min} = 36,1 - 2,132 \times 3,0 = 29,7 \text{ N/mm}^2$, és így a beton MSZ EN 1992-1-1:2010 méretezési szabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya csak C20/25.

A bemutatott ellentmondás hatásának csökkentésére az MSZ 4798:2016 szabvány P2.2.4. szakasza kínál lehetőséget.

Az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) méretezési szabvány és az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016 betonszabvány eltérő karakterisztikus (jellemző) érték számítási felfogásából eredő esetleges vita ellen szerződéskötéskor kell védekezni.

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

B 50				
B 70				
B 100				
B 140	C 4		C8/10	C8/10 - AC ₅₀ (H)
	C 6			
B 200	C 8	C8/10	C12/15	C12/15 - AC ₅₀ (H)
	C 10		C16/20	
		C12/15		C16/20 - AC ₅₀ (H)
B 280	C 12		C20/25	C20/25 - AC ₅₀ (H)
	C 16	C16/20		
B 350	C 20	C20/25	C25/30	C25/30 - AC ₅₀ (H)
B 400	C 25	C25/30	C30/37	C30/37 - AC ₅₀ (H)
	C 30	C30/37		
B 500	C 35	C35/45	C35/45	C35/45 - AC ₅₀ (H)
			C40/50	
B 560	C 40	C40/50	C45/55	C40/50 - AC ₅₀ (H)
				C45/55 - AC ₅₀ (H)
	C 45			
	C 50	C45/55	C50/60	C50/60 - AC ₅₀ (H)
	C 55	C50/60	C55/67	C55/67 - AC ₅₀ (H)
		C55/67		
MSZ 4720:1961 MSZ 4719:1977	MSZ 4720-2:1980 MSZ 4719:1982	Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1:2010	MSZ EN 206-1:2002 MSZ EN 206:2013 MSZ 4798-1:2004 MSZ 4798:2016 O mell.	MSZ 4719:2016 P melléklet (tájékoztató), a 100 év tervezési élet- tartamú betonok esetén előírás

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

8.4. ábra: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány képezi

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

B 50				
B 70				
B 100				
B 140	C 4		C8/10	C8/10 - AC ₅₀ (H)
	C 6			
B 200	C 8	C8/10	C12/15	C12/15 - AC ₅₀ (H)
	C 10			
		C12/15	C16/20	C16/20 - AC ₅₀ (H)
B 280	C 12			
		C16/20	C20/25	C20/25 - AC ₅₀ (H)
	C 16			
B 350	C 20	C20/25	C25/30	C25/30 - AC ₅₀ (H)
B 400	C 25	C25/30	C30/37	C30/37 - AC ₅₀ (H)
	C 30	C30/37	C35/45	C35/45 - AC ₅₀ (H)
B 500	C 35	C35/45	C40/50	C40/50 - AC ₅₀ (H)
B 560	C 40	C40/50	C45/55	C45/55 - AC ₅₀ (H)
	C 45	C45/55	C50/60	C50/60 - AC ₅₀ (H)
	C 50	C50/60		
	C 55	C55/67	C55/67	C55/67 - AC ₅₀ (H)
MSZ 4720:1961 MSZ 4719:1977	MSZ 4720-2:1980 MSZ 4719:1982	Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1:2010	MSZ EN 206-1:2002 MSZ EN 206:2013 MSZ 4798-1:2004 MSZ 4798:2016 O mell.	MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató), a 100 év tervezési élet- tartamú betonok esetén előírás

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

8.5. ábra: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi

8.6. táblázat: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány képezi

Nyomószilárdsági osztályok				
1951-1982 között	1982-2002 között	2002 óta		2016 óta
B 140	C 4 C 6	–	C8/10 C12/15	C8/10-AC ₅₀ (H)
B 200	C 6 C 8 C 10 C 12	C8/10 C12/15	C12/15 C16/20	C 8/10-AC ₅₀ (H) C12/15-AC ₅₀ (H) C16/20-AC ₅₀ (H)
B 280	C 12 C 16	C12/15 C16/20	C16/20 C20/25 C25/30	C16/20-AC ₅₀ (H) C20/25-AC ₅₀ (H)
B 350*	C 16 C 20	C20/25	C25/30	C20/25-AC ₅₀ (H) C25/30-AC ₅₀ (H)
B 400	C 20 C 25 C 30	C20/25 C25/30 C30/37	C25/30 C30/37 C35/45	C25/30-AC ₅₀ (H) C30/37-AC ₅₀ (H)
B 500*	C 30 C 35	C30/37 C35/45	C35/45 C40/50	C30/37-AC ₅₀ (H) C35/45-AC ₅₀ (H)
–	C 35	C35/45	C40/50	C40/50-AC ₅₀ (H)
	C 40	C40/50	C45/55	C45/55-AC ₅₀ (H)
	C 45	C45/55	C50/60	C50/60-AC ₅₀ (H)
–	C 45	C40/50 C45/55	C45/55 C50/60	C45/55-AC ₅₀ (H) C50/60-AC ₅₀ (H)
	C 50	C45/55 C50/60	C50/60 C55/67	C50/60-AC ₅₀ (H)
	C 55	C50/60 C55/67	C55/67	C50/60-AC ₅₀ (H) C55/67-AC ₅₀ (H)
Lásd: MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977	Lásd: MSZ 4720-2:1980 és MSZ 4719:1982	Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	Átadás-átvételi eljárás	
*A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1982 előtti Vasúti Híd- szabályzatban szerepelt	Ha $k = 0,54 +$ $+0,1027 \times \sqrt{R_{m,cube,H}}$, $n = 5$, $t = 2,132$, és az s szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat és MSZ 4798-1:2004 14. táblázat és MSZ 4798:2016 O melléklet	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztatás), a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén előírás

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

	Elfogadási valószínűség: ~50 %	Elfogadási valószínűség: ~70%	50% < Elfogadási valószínűség < 70%
--	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------

8.7. táblázat: Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi

Nyomószilárdsági osztályok				
1951-1982 között	1982-2002 között	2002 óta		2016 óta
B 140	C 4 C 6	–	C8/10	C8/10-AC ₅₀ (H)
B 200	C 6 C 8 C 10	C8/10	C12/15 C16/20	C 8/10-AC ₅₀ (H) C12/15-AC ₅₀ (H)
B 200 B 280	C 10 C 12	C12/15	C16/20 C20/25	C12/15-AC ₅₀ (H) C16/20-AC ₅₀ (H)
B 280	C 12 C 16	C16/20	C20/25 C25/30	C16/20-AC ₅₀ (H) C20/25-AC ₅₀ (H)
B 350*	C 16 C 20	C20/25	C25/30	C20/25-AC ₅₀ (H) C25/30-AC ₅₀ (H)
B 400	C 20 C 25	C25/30	C25/30 C30/37	C25/30-AC ₅₀ (H) C30/37-AC ₅₀ (H)
B 400 B 500*	C 25 C 30 C 35	C30/37	C30/37 C35/45	C30/37-AC ₅₀ (H) C35/45-AC ₅₀ (H)
B 500* B 560	C 35 C 40	C35/45	C35/45 C40/50	C35/45-AC ₅₀ (H) C40/50-AC ₅₀ (H)
B 560	C 40 C 45	C40/50	C45/55 C50/60	C40/50-AC ₅₀ (H) C45/55-AC ₅₀ (H)
–	C 45 C 50	C45/55	C50/60	C45/55-AC ₅₀ (H) C50/60-AC ₅₀ (H)
	C 50 C 55	C50/60	C50/60 C55/67	C50/60-AC ₅₀ (H) C55/67-AC ₅₀ (H)
	C 55	C55/67	C55/67	C55/67-AC ₅₀ (H)
Lásd: MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977 *A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1982 előtti Vasúti Híd- szabályzatban szerepelt	Lásd: MSZ 4720-2:1980 és MSZ 4719:1982 Ha $k = 0,54 + \frac{1}{n}$, $n = 5$, $t = 2,132$, és az s szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték	Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	Átadás-átvételi eljárás	
			Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat és MSZ 4798-1:2004 14. táblázat és MSZ 4798:2016 O melléklet	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató), a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén előírás

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

	Elfogadási valószínűség: ~50 %	Elfogadási valószínűség: ~70%	50% < Elfogadási valószínűség < 70%
--	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------

Betontechnológiai kultúránk több vonatkozásban a német gyakorlatot követve fejlődött, ezért érdemes a nyomószilárdsági osztályok Németországban szokásos átszámítását is áttekinteni.

A beton és vasbetonépítés szabályozásának múlt századi fejlődését *F. Fingerloos* (2009) a régi német szabványok és előírások gyűjteményében mutatja be. A reprint alakban, 1316 oldalon, CD melléklettel megjelent könyv a korábbi, úgy nevezett történelmi korok német DIN és TGL jelzetű beton, vasbeton és feszített vasbetonépítés szabványait és különböző műszaki irányelveit tartalmazza. A könyvben az 1904-2004 közötti száz évben Németországban érvényben volt több mint 130 vasbetonmagasépítési méretezési és kivitelezési szabvány, előírás eredeti formában, ábrákkal, táblázatokkal együtt olvasható, látható. A könyv bevezetéséből megtudjuk, hogy Németországban az első betonépítési szabványt 1877-ben adták ki, témaköre a portlandcement minősége volt.

Az 1904 után megjelent német DIN és TGL jelzetű vasbeton és feszített vasbeton méretezési szabványokat *J. Schnell* és szerzőtársai (2016) is áttekintették a DAfStb 616. sz. „zöldfüzet”-ben. A kiadványban időszaki bontásban megtaláljuk a méretezési és nem csak a beton, hanem a betonacél és feszítő acél anyagvizsgálati szabványokban használt szilárdsági és alakváltozási jelöléseket, jellemzőket és követelmény értékeket is. A szerzők terjedelmes táblázatban mutatják be az NSZK-ban és az NDK-ban 1960 után jóváhagyott feszítési eljárások adatait.

J. Schnell más szerzőkkel korábban két tanulmányt is közzé tett, amelyben a Németországban 1943 és 1972 között (2010), valamint az 1972 és 2001 között (2009) készített betonok nyomószilárdsági osztályát állította párhuzamba a DIN EN 206-1:2001 európai szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályokkal (8.8. táblázat).

8.8. táblázat: Egymásnak hozzávetőlegesen megfelelő beton nyomószilárdsági osztályok Németországban 1943 óta (*Schnell et al.*, 2009 és 2010)

1943-1972	1972-1978	1978-2001	1980-1990 (NDK)	2001 óta
DIN 1045:1943 DIN 1045:1959 DIN 1048:1944 DIN 1048:1957 DIN 4227:1953	DIN 1045:1972	DIN 1045:1978 DIN 1045:1988 DIN 1048-5:1991	TGL 33411-01:1979 TGL 33433-04:1979	DIN EN 206-1:2001 DIN EN 1990:2002 DIN EN 1990:2010 DIN EN 12390-2:2001 DIN EN 12390-3:2002 DIN 1045-2:2008
Régi <i>B I</i> német beton nyomószilárdsági osztály csoport				
–	Bn 50	B 5	Bk 5	–
B 120	–	–	B5 7,5	–
B 160	Bn 100	B 10	Bk 10	C8/10
B 225	Bn 150	B 15	Bk 15	C12/15
–	–	–	Bk 20	C12/15
–	Bn 250	B 25	Bk 25	C16/20
B 300	–	–	–	C20/25
Régi <i>B II</i> német beton nyomószilárdsági osztály csoport				
–	Bn 350	B 35	Bk 35	C25/30
B 450	–	–	Bk 45	C30/37
–	Bn 450	B 45	–	C35/45

8.3. KÜLÖNBÖZŐ IDŐSZAKOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

B 600	Bn 550	B 55	Bk 55	C40/50
-------	--------	------	-------	--------

Az irodalomból (*Trüb*, 1980), (*Springenschmid*, 2007), (*Schnell* et al., 2009 és 2010), (*Fingerloos*, 2009) ismeretes, hogy Németországban a szabványos próbakockák mérete 1916-1925 között beton esetén 300 mm, vasbeton betonja esetén 200 mm, majd 1925-2001 között minden fajta beton esetén 200 mm volt, kivétel ez alól az NDK, ahol 1980-1990 között 150 mm élhosszúságú próbakockákat alkalmaztak. Németországban a próbakockákat vegyesen tárolták. A betont 1972-ig a 200 mm élhosszúságú próbakockák kp/cm^2 -ben kifejezett átlagos nyomószilárdságával jellemezték, például: B 225. 1972 és 1978 között a 20 cm élhosszúságú próbakockák kp/cm^2 -ben kifejezett, az 5%-os alulmaradási hányadhoz tartozó jellemző értéke képezte a beton nyomószilárdsági osztályát adó β_{wN} névleges nyomószilárdságot (németül: Nennfestigkeit, „Nenndruckfestigkeit” vagy „Nennwert”), például Bn 250. 1978-ban ez csak annyiban változott, hogy a mértékegység N/mm^2 lett, például B 25. A jellemző értéken a szabványos próbakockákon meghatározott átlagos nyomószilárdság (németül: Serienfestigkeit) és az alulmaradási tágasság különbségét értették, ahol az alulmaradási tágasság vagy egy adott (például az 5 N/mm^2) vagy a szórástól függő érték volt. Az átlagos nyomószilárdságot legalább 3 próbakockából meghatározták meg. 2001 óta Európában a szabványos szabványos próbatestek $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű hengerek, illetve 150 mm élhosszúságú kockák, így a nyomószilárdsági osztály jele például: C12/15.

A különböző időszakok német nyomószilárdsági osztályainak kapcsolata a *Schnell*-féle rendszertől (8.8. táblázat) némiképpen eltér. *R. Springenschmid* (2007) könyve 11.2.2 fejezetének példájában, amely szerint a nyomószilárdsági osztályok jelölése a következő példa szerint változott: B 300 ~ Bn 250 = B 25 ~ C20/25. Magyarországon B 300 jelű beton nyomószilárdsági osztály nem volt, de ha a bemutatott módszerrel elvégezzük az átszámítást, akkor a 20.1.2.6. ábra és az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint az $R_{m,cube,200,H} = 300 \text{ kp/cm}^2$ értékből kiindulva ugyanerre az eredményre jutunk: $f_{ck,cube} = 0,1 \times R_{m,cube,200,H} - 4 = 26,0 > 25 \text{ N/mm}^2$, amiből C20/25 az MSZ EN 206:2013+A2:2021 európai betonszabvány szerinti nyomószilárdsági osztály.

Összegezve: A betonszilárdság jellemzésének módja az utóbbi közel hetven évben többször változott. A régebbi betonjelölések a ma szabványos betonjelölésekkel megfeleltethetők, de a szilárdság átszámító összefüggések kizárólag az egyedi, illetve az átlagos nyomószilárdságok kapcsolatának kifejezésére alkalmasak, és teljesen alkalmatlanok a különböző időszakonkénti nyomószilárdságok jellemző (karakterisztikus) értékének, illetve nyomószilárdsági osztályának közvetlen átszámítására, hiszen az átlagos nyomószilárdságok viszonyát az alulmaradási tágasság eltorzíthatja (lásd e könyv 20.1.2. szakaszát).

Minthogy a nyomószilárdsági osztályok határértékei, illetve azok értelmezése a történelmi idők folyamán nem estek egybe, a különböző időszakok nyomószilárdsági osztályai általában átfedésben vannak egymással, mint az a 8.4. és 8.5. ábrából, illetve a 8.6. és 8.7. táblázatból kitűnik.

8.4. NYOMÓSZILÁRDSÁGI FOKOZATOK

Ha meggondoljuk, hogy a nyomószilárdság jellemző értékéhez az alulmaradási tágasság (Δ_{lv}) függvényében háromféle nyomószilárdság értékelési rendszer szerint, illetve elfogadási valószínűség ($A_{(p)}$) mellett lehet szabványosan átlagos nyomószilárdságot (f_{cm}) rendelni, akkor kimondhatjuk, hogy a nyomószilárdságnak egyazon nyomószilárdsági osztályon belül három fokozata van.

Erős nyomószilárdsági fokozatú a beton, ha a jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdságot, illetve az átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdság jellemző értékét az átadás-átvételi eljárás során az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a $\Delta_{lv} = 8 \text{ N/mm}^2$ alulmaradási tágassággal határozzuk meg (8.9. táblázat).

Közepes nyomószilárdsági fokozatú a beton, ha a jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdságot, illetve az átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdság jellemző értékét az átadás-átvételi eljárás során az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint a $\Delta_{lv} = 6 \text{ N/mm}^2$ alulmaradási tágassággal határozzuk meg (8.9. táblázat).

Gyenge nyomószilárdsági fokozatú a beton, ha a jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdságot, illetve az átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdság jellemző értékét az átadás-átvételi eljárás során az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint a $\Delta_{lv} = 4 \text{ N/mm}^2$ alulmaradási tágassággal határozzuk meg (8.9. táblázat).

A gyengébb nyomószilárdsági fokozat gyengébb betonminőséget jelent, mert a beton összetételét az elérendő átlagos nyomószilárdság alapján szokás megtervezni.

8.9. táblázat: Adott nyomószilárdsági osztályon belüli nyomószilárdsági fokozatok szokványos betonok és nehézbetonok esetén

Nyomószilárdsági osztály	Előírt jellemző érték, legalább, N/mm ² $f_{ck,cyl}$	Erős		Közepes		Gyenge	
		nyomószilárdsági fokozatú beton előírt átlagos nyomószilárdsága, legalább, N/mm ²					
		$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 6$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$
C8/10	8	16	19,8	14	17,3	12	14,8
C12/15	12	20	24,7	18	22,2	16	19,8
C16/20	16	24	29,6	22	27,2	20	24,7
C20/25	20	28	34,6	26	32,1	24	29,6
C25/30	25	33	40,7	31	38,3	29	35,8
C30/37	30	38	46,9	36	44,4	34	42,0
C35/45	35	43	53,1	41	50,6	39	48,1
C40/50	40	48	59,3	46	56,8	44	54,3
C45/55	45	53	65,4	51	63,0	49	60,5
C50/60	50	58	71,6	56	69,1	54	66,7
Nagyszilárdságú beton		$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 6$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$
C55/67	55	63	75,0	61	72,6	59	70,2
C60/75	60	68	81,0	66	78,6	64	76,2
C70/85	70	78	92,9	76	90,5	74	88,1
C80/95	80	88	104,8	86	102,4	84	100,0

C90/105	90	98	116,7	96	114,3	94	111,9
C100/115	100	108	128,6	106	126,2	104	123,8
Megjegyzés: Az $f_{cm,cyl} \rightarrow f_{cm,cube}$ átszámítást a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra szerint végeztük.							

A 8.9. táblázatból kitűnik, hogy a beton nyomószilárdsági osztálya általában nagyobbra adódik, ha a betont átlagos nyomószilárdsága alapján gyenge nyomószilárdsági fokozatúként minősítik az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint, és kisebbre adódik, ha a betont erős nyomószilárdságúként minősítik az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint.

Az erős nyomószilárdsági fokozathoz mintegy 50%, a gyenge nyomószilárdsági fokozathoz mintegy 70%-os elfogadási valószínűség tartozik.

Az EN 206-1:2000 szabvány bevezetése óta a CEN tagsággal rendelkező országokban általában az EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2 szabvány szerint méretezettnél, azaz az erőteni biztonság és a tartósság szempontjából szükséges erős nyomószilárdsági fokozatúnál gyengébb átlagos nyomószilárdságú, gyengébb összetételű betont építettek, illetve építenek be. Ez alól vélhetően Spanyolország kivétel, lásd az MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány J mellékletét.

Összegezve: Tekintve, hogy a beton összetételét az elérendő átlagos nyomószilárdság alapján tervezzük meg, a beton erőteni biztonsága és a tartósság szempontjából nem közönbös, hogy az átlagos nyomószilárdságot a tervezett nyomószilárdsági osztályt megjelenítő nyomószilárdsági jellemző értékből az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány, az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete vagy az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete alapján határozzuk meg, amelytől függően erős, közepes vagy gyenge nyomószilárdsági fokozatú betonról beszélhetünk.

A CEN tagállamok a gyenge, Spanyolország az erős nyomószilárdsági fokozatú beton alkalmazása mellett döntött.

9. ÚTBETONOK HÚZÓ- ÉS NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYA

Lásd, hátha illik ide. Aßbrock 2007. DAfStb Heft 569.

Megnézni: DAfStb Heft 619. meg van nekem

DAfStb Heft 632. (2019): Lásd: Schnell, J. – Weber, M.

DAfStb Heft 607. Szerző: Kapteina

Ez Sajó Elemér: A próbakocka és a beépített beton kockaszilárdságának összehasonlítása című tanulmánya:

https://adt.arcanum.com/hu/view/BME_AnyagvizsgalokKozlonye_1917/?query=A%20rom%C3%A1n-%20%C3%A9s%20portlandcementek%20szil%C3%A1rdul%C3%A1sa&pg=88&layout=s

Az útpályaburkolati betonokat szilárdság szerint a hajlító-húzószilárdság és a hasító-húzószilárdság alapján osztályozzák, a pályaburkolati betonoknak ugyanis a hajlító igénybevétellel szembeni ellenállóképességét, és így a burkolat szükséges vastagságát és a forgalomtól függő fáradását döntően a beton húzószilárdsága határozza meg.

Az útpályabetonok (beton pályaburkolatok) húzószilárdsági osztályának betűjele az e-UT 06.03.31:2017 (ÚT 2-3.201:2006), e-UT 06.03.11:2010 (ÚT 2-1.502:2010) és e-UT 06.03.15:2006 (ÚT 2-3.211:2006) útügyi műszaki előírás szerint: CP. A CP betűjelet tört alakú számjel követi, ennek számlálója a sablonban készített, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdság jellemző értéke (MSZ EN 13877-1:2013 szabvány szerinti jele: F), és nevezője a kifűrt magmintából kialakított, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbahengeren meghatározott hasító-húzószilárdság jellemző értéke (MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerinti betűjele: SC), például: CP4/2,7. A beton szilárdságának ilyen megjelölési módja nem szerencsés, és a beton megfelelőségét illetően vitákra adhat okot, mert a beton gyártója csak a formában készített próbahasábok hajlító-húzószilárdságáért felel, és nem tehető felelőssé a betonburkolatból kifűrt magmintából kialakított próbahengerek hasító-húzószilárdságáért, hiszen a betonpályaszerkezet tömörítése és utókezelése nem tartozik a feladatai közé.

Az utak, autópályák, repülőterek, járdák, kerékpárutak, rakodási területek és általában a közlekedési szerkezetek betonburkolatainak anyagaival az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány foglalkozik. A szabvány a helyszínen készült betonburkolatok betonjára vonatkozik, de a hengerelt betonok nem képezik tárgyát. Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány az MSZ EN 206 szabványra támaszkodik, és követelmények megadása nélkül szól arról, hogy a cement, az adalékszer, a kiegészítőanyag az MSZ EN 206 szabványban megadott feltételeknek, az adalékanyag az MSZ EN 12620 vagy az alkalmazás helyén érvényes szabványnak, illetve előírásnak, a keverővíz az MSZ EN 1008 szabványnak feleljen meg. Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága a rétegvastagság és ha van, a hosszirányú acélbetétek (hosszvasak) közötti távolság egyharmadát ne lépje túl. A friss beton konzisztenciája és 1,5% túréssal a testsűrűsége az MSZ EN 206 szabvány szerinti legyen. A friss beton levegőtartalmát, ha szükséges, akkor az MSZ EN 12350-7 szabvány szerint kell, cementtartalmát a vonatkozó nemzeti szabvány vagy az alkalmazás helyén érvényes előírás szerint lehet meghatározni. A 0,25 mm alatti szemek mennyisége feleljen meg a nemzeti szabványban vagy az alkalmazás helyén érvényes előírásban foglaltaknak. A friss beton cementtartalomra vonatkoztatott kloridiontartalma ne legyen 0,4%-nál több, ha abból korrózióvédelemmel el nem látott acélbetétet (összekötő vasat, betonacélt, -hálót, -rudat) tartalmazó betonburkolat készül,

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány szerint a megszilárdult beton fagy- és olvasztósó-állóságát az MSZ CEN/TS 12390-9:2018 európai műszaki specifikáció szerint, nyomószilárdságát (f_c) az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint, hasító-húzószilárdságát (f_s) az MSZ EN

12390-6:2010 szabvány szerint, hajlító-húzószilárdságát (f_t) az MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerint kell vizsgálni. A jellemző érték megadásával – túl a betonburkolat építési alkalmazáson – a nyomószilárdsági osztályok (C8/10 stb., lásd e könyv 8.1. táblázatát) teljes jegyzékét az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány, a hasító-húzószilárdsági osztályok (S1,3 stb., a felsorolást lásd lejjebb) és a hajlító-húzószilárdsági osztályok (F2 stb., a felsorolást lásd lejjebb) teljes jegyzékét az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány tartalmazza.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány szerinti vizsgálati próbatestek sablonban készülnek.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.3.2. szakasza szerint a betonburkolat készítése célú betonok nyomószilárdsági osztálya az MSZ EN 206:2013+A2:2021 betonszabványbeli nyomószilárdsági osztályokkal azonos.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.3.2. szakasza a betonburkolat készítése célú betonokat *hajlító-húzószilárdság* (f_{tk}) szerint F2, F3, F3,5, F4, F4,5, F5,5, F6,5, F8,5, F9, F10 jelű osztályba sorolja, ahol a jelben szereplő számérték a formában készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdság előírt jellemző értéke N/mm^2 mértékegységben. A hajlító-húzószilárdságot az MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerint a próbatest szélességének háromszorosával egyenlő ℓ támaszközön, az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet szerint harmad-pontos terheléssel (lásd e könyv 20.3.3. fejezetét) kell vizsgálni. A próbahasábok keresztmetszeti mérete az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány 4.1 szakaszának megfelelően az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának legalább három és félszerese, de legalább 100×100 mm legyen; a próbahasábok hossza pedig érje el a keresztmetszeti méret három és félszeresét. Az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezetben megadott 150×150×600 mm hasábméret az európai előírásnak megfelel. A próbahasábokat az MSZ EN 12390-2:2019 szabvány értelmében a kizsaluzást követően közvetlenül a vizsgálatig 20±2 °C hőmérsékletű vízben vagy 20±2 °C hőmérsékletű és legalább 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni, illetve vegyes tárolás esetén a vizsgálati eredményeket – ha az átszámítási tényező ismert – az előírt végig víz alatti tárolási módhoz tartozó vizsgálati eredményekre át kell számítani.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.3.2. szakasza a betonburkolat készítése célú betonokat *hasító-húzószilárdság* (f_{sk}) szerint S1,3, S1,7, S2, S2,4, S2,7, S3, S3,3, S3,7, S4, S4,3, S4,6, S4,8, S5, S5,5, S6 jelű osztályokba sorolja, ahol a jelben szereplő számérték a formában készített, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbahengeren meghatározott hasító-húzószilárdság előírt jellemző értéke N/mm^2 mértékegységben. A próbahengerek átmérője az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának legalább három és félszerese legyen, magassága érje el az átmérő kétszeresét, de legalább 100 mm legyen. A formában készített Ø150×300 mm méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengerek hasító-húzószilárdságát az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint kell megmérni.

Ha a szilárdságot betonburkolatból kifűrt magminták (fűrásmagok) tulajdonságai alapján kell értékelni, akkor az MSZ EN 13877-2:2013 szabványt kell alkalmazni, amelyben a 28 napos korú betonburkolat geometriai, és betonjának testsűrűségi, szilárdsági, fagyállósági osztályba sorolásának feltételeit, valamint két betonrétegre vonatkozólag a tapadószilárdság értékelését stb. tárgyalják.

Véleményünk szerint a betonburkolat szilárdságát akkor kell kifűrt magminták alapján értékelni, ha a 28 napos korú, laboratóriumi sablonban készített betonpróbatestek MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerinti nyomószilárdság vizsgálati, MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerinti hasító-húzószilárdság vizsgálati, MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerinti hajlító-húzószilárdság vizsgálati eredménye az előírt értéket nem éri el, vagy a betonburkolat

szemrevételezése, roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálati eredménye alapján a betonburkolat megfelelő szilárdságát illetően kétségek merülnek fel. A kifűrt magminták nyomószilárdságáért a beton gyártója nem tartozik felelősséggel, hiszen a betonburkolatba csak az átadás-átvételi eljárás során megfelelő minőségűnek ítélt friss betont szabad beépíteni.

Az elkészült betonburkolat betonját a kifűrt magmintákból kivágott próbahengerek nyomószilárdsága és hasító-húzószilárdsága jellemző értékének alapján kell az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerinti nyomószilárdsági és hasító-húzószilárdsági osztályba sorolni.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint a magmintából kivágott próbahenger nyomószilárdságát ($f_{c,core}$) az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány szerint, hasító-húzószilárdságát ($f_{t,core}$) az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint kell vizsgálni. A próbahengereket e vizsgálati szabványok szerint kell tárolni és a tárolás módját meg kell adni, illetve a szilárdságot lehetőség szerint a vizsgálat előtt legalább 48 órán át 20 ± 2 °C hőmérsékletű vízben tárolt próbahengereken kell meghatározni.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány jellemző érték megadásával – túl a betonburkolat építési alkalmazáson – tartalmazza az útpályabetonból fűrt próbahengerek nyomószilárdsági osztályainak (CC8 stb.) és hasító-húzószilárdsági osztályainak (SC1,3 stb., a felsorolást lásd lejjebb) teljes jegyzékét. A CC jelű nyomószilárdsági osztály számjelét a C jelű nyomószilárdsági osztály (8.1. táblázat) próbahengerekre vonatkozó jellemző értéke képezi.

Az útbetonok nyomószilárdsági osztálya legalább CC20, hasító-húzószilárdsági osztálya legalább SC1,7 legyen. A CRCP és CRCB folyamatosan vasalt útpálya- és útalapbetonok szilárdságára felső határt lehet megadni.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint a fűrt magminta próbahengerek négy egymásst követő vizsgálati eredményből számított átlagos nyomószilárdsága $f_{cm,core} \geq f_{ck,core} + 4 \text{ N/mm}^2$, átlagos hasító-húzószilárdsága $f_{tm,core} \geq f_{tk,core} + 0,5 \text{ N/mm}^2$, az egyedi vizsgálati eredmény pedig nyomószilárdság vizsgálat esetén $f_{ci,core} \geq f_{ck,core} - 4 \text{ N/mm}^2$, hasító-húzószilárdság vizsgálat esetén $f_{ti,core} \geq f_{tk,core} - 0,5 \text{ N/mm}^2$ legyen.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványnak a megszilárdult betonburkolatból fűrt magminták hasító-húzószilárdságával foglalkozó 4.2.3. szakasza szerint a betonburkolatok betonjának *hasító-húzószilárdsági* osztályát a fűrt magminták hasító-húzószilárdságának jellemző értéke ($f_{tk,core}$) alapján az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 3. táblázatában szereplő hasító-húzószilárdsági osztályok közül kell kiválasztani. Ezek a következők: SC1,3, SC1,7, SC2, SC2,4, SC2,7, SC3,3, SC3,7, SC4, SC4,3, SC4,6, SC4,8, SC5, SC5,5, SC6. A hasító-húzószilárdsági osztályok jelében a szám a hasító-húzószilárdság jellemző értéke ($f_{tk,core}$) N/mm^2 mértékegységben. A szabványban ajánlják, hogy a betonburkolat hasító-húzószilárdsági osztálya legalább SC1,7 legyen. A magminták hasító-húzószilárdsági osztálya és a magminták nyomószilárdsági osztálya között nincs közvetlen összefüggés. Ha a magmintákat nem 28 napos korban vizsgálják 20 °C hőmérséklet mellett, akkor a hasító-húzószilárdság vizsgálati eredményeket a szilárdulási folyamat alapján vagy a felhasználás helyén érvényes előírásoknak megfelelően át kell számítani a 28 napos $+20$ °C hőmérséklet melletti hasító-húzószilárdságokra. A magmintákat a beton 3-7 napos korában kell kifűrni, és utókezelésük az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány szerint tömegállandóságig víz alatt történjék. A hasító-húzószilárdságot általában $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű próbahengerek alkalmazásával kell meghatározni, de az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint a fűrt magmintából kialakított próbahenger 1:1 magasság/átmérő arányú, magyarán $\emptyset 150 \times 150$ mm méretű is lehet. Ha a próbahenger mérete ettől eltér, akkor a hasító-húzószilárdságot a próbatest tényleges méretei alapján szabad kiszámítani, mert tapasztalatok szerint a próbahenger méretének a hasító-húzószilárdságra nincs jelentős hatása. Ezen a véleményen van például *Bonzel* (1964) is, aki szerint a hasító-húzószilárdság a szokásos próbatestek esetén gyakorlatilag független a

próbatest méretétől, és azonos tömörítettség mellett közel megegyezik a Ø150×300 mm méretű próbahenger és a 200 mm élhosszúságú próbakocka esetén.

Az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszaki előírásstervezet szerint a beton pályaburkolatoknak három húzószilárdsági osztálya van: CP4,5/3,5, CP4/2,7 és CP3,5/2,4. Ennek elődjében, az ÚT 2-3.201:2006 ütiügyi műszaki előírásban szereplő CP3,5/2,5 húzószilárdsági osztály jelét CP3,5/2,4 jelre, a CP4/3 húzószilárdsági osztály jelét CP4/2,7 jelre módosították. A régebbi pályaburkolat tárgyú ütiügyi műszaki előírásokban, így például az ÚT 2-3.201:2006 (ma e-UT 06.03.31:2006), vagy az ÚT 2-3.211:2006 (ma e-UT 06.03.15:2006) ütiügyi műszaki előírásban szereplő CP3/2 húzószilárdsági osztály az e-UT 06.03.31.2017 ütiügyi műszaki előírásstervezetben már nem szerepel.

A forgalmi terhelési osztálytól (lásd a 9.5. táblázatot) függően

- CP3/2 szilárdsági osztályú betonból kerékpárutak, gyalogutak és járdák kopórétege (e-UT 06.03.11:2010), útpályaszerkezetek pályaburkolata, kétrétegű pályaburkolatának alsó, teherviselő rétege (e-UT 06.03.31:2006);
- CP3,5/2,4 szilárdsági osztályú betonból útpályaszerkezetek pályaburkolata (e-UT 06.03.15:2006, e-UT 06.03.31:2017);
- CP4/2,7 szilárdsági osztályú betonból útpályaszerkezetek egyrétegű pályaburkolata és kétrétegű pályaburkolatának felső rétege (e-UT 06.03.15:2006, e-UT 06.03.31:2017), kompozit útpályaszerkezet folytonosan vasalt betonlemeze (e-UT 06.03.34:2007), hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű merev útpályaszerkezet betonburkolata (e-UT 06.03.35:2008), hídon átvezetett betonburkolatok (e-UT 08.02.31:2007);
- CP4,5/3,5 szilárdsági osztályú betonból útpályaszerkezetek pályaburkolata (e-UT 06.03.31:2017), hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű merev útpályaszerkezet betonburkolata (e-UT 06.03.35:2008) készíthető.

Az ÚT 2-3.201:2006 ütiügyi műszaki előírás 6.2.2. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszaki előírásstervezet 5.2.2. szakasza szerint – követve az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ EN 206:2013:2013+A1:2017 szabvány felfogását – ha a húzószilárdság vizsgálati eredmények száma $n < 15$, akkor a *hajlító-húzószilárdság* $f_{ctm,fl,test}$ átlagértékéből a jellemző értéket ($f_{ctk,fl,test}$) az $f_{ctk,fl,test} = f_{ctm,fl,test} - 0,5 \text{ N/mm}^2$ összefüggéssel; és függetlenül attól, hogy a próbahenger formában készült vagy magmintából alakították ki – magminta esetén az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint is – a *hasító-húzószilárdság* $f_{ctm,sp,test}$ átlagértékéből a jellemző értéket ($f_{ctk,sp,test}$) az $f_{ctk,sp,test} = f_{ctm,sp,test} - 0,5 \text{ N/mm}^2$ összefüggéssel kell kiszámítani. Az útbeton a húzószilárdság szempontjából akkor felel meg, ha $f_{ctk,test} \geq f_{ctk}$, illetve $1,15 \times f_{ctk,core,test} \geq f_{ctk}$. Az $f_{ctk,test} = f_{ctm,test} - 0,5 \text{ N/mm}^2$, illetve $f_{ctk} = f_{ctm} - 0,5 \text{ N/mm}^2$ alakú összefüggések az ÚT 2-3.201:2006 ütiügyi műszaki előírás 6. táblázatában és az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszaki előírásstervezet 3. táblázatában szereplő f_{ctm} átlagértékkel nincsenek összhangban, mert e táblázatbeli f_{ctm} átlagértékeket nem az $f_{ctm} = f_{ctk} + 0,5 \text{ N/mm}^2$, hanem az $f_{ctm} = 1,33 \times f_{ctk}$ összefüggéssel számították ki.³²⁴ A gyakorlatban célszerű az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszaki előírásstervezet 3. táblázatának nagyobb biztonságot adó előírt f_{ctm} húzószilárdsági

³²⁴ Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a húzószilárdság átlagértéke és jellemző értéke közötti összefüggés: $f_{ctm} = f_{ctk}/0,7 = 1,429 \times f_{ctk}$.

1980-1982 között a magyar betonos szabványokban (például: MSZ 4720-2:1980) a jellemző értéket még megfelelő biztonsággal, a $t = 1,645$ értékű alulmaradási tényező és az $s_{rel} = 0,15$ értékű variációs tényező alkalmazásával számították ki (lásd e könyv 8.3. fejezetét), amelyből $f_{ctk} = f_{ctm} - t \times s = f_{ctm} - t \times f_{ctm} \times s_{rel} = (1 - t \times s_{rel}) \times f_{ctm} = 0,75 \times f_{ctm}$, illetve $f_{ctm} = 1,33 \times f_{ctk}$ adódik, amivel bár pusztán véletlen is lehet, mégis érdekes, hogy egyezőséget mutat az ÚT 2-3.201:2006 ütiügyi műszaki előírásban és az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszaki előírásstervezetben alkalmazott $f_{ctm} = 1,33 \times f_{ctk}$ összefüggés.

átlagértékeit meghatározónak tekinteni, és a kifogásolható $f_{ctk} = f_{ctm} - 0,5 \text{ N/mm}^2$ alakú összefüggések alkalmazását mellőzni.

Ha a húzószilárdság vizsgálati eredmények száma $n \geq 15$, akkor a húzószilárdság f_{ctm} átlagértékét az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6.2.2. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 5.2.2. szakasza alatti $f_{ctm} = f_{ctk} + 1,48 \times \sigma_{húzó}$ összefüggés helyett az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 és az MSZ 4798:2016 szabvány P mellékletével összhangban, a húzószilárdság 50% elfogadási valószínűsége érdekében az $f_{ctm} = f_{ctk} + t_n \times \sigma_{húzó}$ összefüggéssel javasolt előírni, illetve meghatározni, ahol t_n a *Student*-féle alulmaradási tényező és $\sigma_{húzó}$ a húzószilárdságnak a kezdeti gyártás során legalább 35 egymás utáni vizsgálati eredményből meghatározott szórása, amely 35-nél kevesebb vizsgálati eredmény esetén azok $s_{húzó}$ szórásával helyettesíthető.

A hasító-húzószilárdság vizsgálatát e könyv 20.3.2. fejezetében, a hajlító-húzószilárdság vizsgálatát e könyv 20.3.3. fejezetében tárgyaljuk.

Az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírásban és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezetben megadták a húzószilárdsági osztályoknak megfelelő *nyomószilárdsági osztályokat* is. A nyomószilárdságot 28 napos korban, a kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengeren kell az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány szerint megmérni, és a Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára kell átszámítani. Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványban ajánlják, hogy a betonburkolat nyomószilárdsági osztálya legalább CC20 legyen.

Az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6.2.1. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 5.2.1. szakasza szerint – követve az MSZ EN 13877-2:2013, MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ EN 206:2013:2013+A1:2017 szabvány felfogását – ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények száma $n < 15$, akkor a *nyomószilárdság* $f_{cm,test}$ átlagértékéből a jellemző értéket ($f_{ck,test}$) az $f_{ck,test} = f_{cm,test} - 4$ összefüggéssel kell kiszámítani, N/mm^2 mértékegységben. A útbeton a nyomószilárdság szempontjából akkor felel meg, ha $f_{ck,test} \geq f_{ck}$, illetve $1,15 \times f_{ck,core,test} \geq f_{ctk}$. Az $f_{ck,test} = f_{cm,test} - 4$, illetve $f_{ck} = f_{cm} - 4$ alakú összefüggések az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6. táblázatában és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 3. táblázatában szereplő f_{ctm} átlagértékkel nincsenek összhangban, mert e táblázatbeli f_{ctm} átlagértékeket nem az $f_{cm} = f_{ck} + 4$, hanem az MSZ EN 1992-1-1:2010 felfogása szerinti $f_{cm} = f_{ck} + 8$ összefüggéssel számították ki.

A gyakorlatban célszerű az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 3. táblázatában szereplő, nagyobb biztonságot adó előírt f_{ctm} húzószilárdsági átlagértékeket meghatározónak tekinteni, és a kifogásolható $f_{ck} = f_{cm} - 4$ alakú összefüggések alkalmazását mellőzni.

Ha nyomószilárdság vizsgálati eredmények száma $n \geq 15$, akkor a nyomószilárdság f_{cm} átlagértékét az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6.2.1. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 5.2.1. szakasza alatti $f_{ctm} = f_{ctk} + 1,48 \times \sigma_{húzó}$ összefüggés helyett az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 és az MSZ 4798:2016 szabvány P mellékletével összhangban, a húzószilárdság 50% elfogadási valószínűsége érdekében az $f_{cm} = f_{ck} + t_n \times \sigma_{nyomó}$ összefüggéssel javasolt előírni, illetve meghatározni, ahol t_n a *Student*-féle alulmaradási tényező és $\sigma_{nyomó}$ a nyomószilárdságnak a kezdeti gyártás során legalább 35 egymás utáni vizsgálati eredményből meghatározott szórása, amely 35-nél kevesebb vizsgálati eredmény esetén azok $s_{húzó}$ szórásával helyettesíthető.

Az útpályabetonok szilárdság-vizsgálati próbatesteinek alakját és méretét az ütügyi műszaki előírások alapján a 9.1. táblázatban foglaltuk össze.

9.1. táblázat: Útpályabetonok szilárdság-vizsgálati próbatestjeinek alakja és mérete

Vizsgálat	Próbatest alakja mérete, mm			Betonburkolatból fűrt magmintából kivágott
	próbakocka	próbahasáb	próbahenger	
Nyomószilárdság	150×150×150	–	Ø150×300	Ø100×100 ¹⁾ Ø100×200 ²⁾ Ø150×150 ³⁾
Hajlító- húzószilárdság	–	150×150×600	–	–
Hasító- húzószilárdság	–	–	Ø150×300	Ø150×150

A betonburkolatból fűrt magmintából kivágott, vegyesen tárolt próbahengeren mért nyomószilárdságot ($f_{ci, is, cyl, test, H}$) a következő összefüggéssel át kell számítani a végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahengeren mért nyomószilárdságra ($f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test}$):

$$1) f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test} = 0,98 \times (0,83/1,09) \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 100, test, H} = 0,75 \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 100, test, H}$$

$$2) f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test} = 0,98 \times 1,18 \times (0,83/1,09) \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 200, test, H} = 0,88 \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 200, test, H}$$

$$3) f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test} = 0,98 \times (1,0/1,18) \times f_{ci, is, cyl, Ø150 \times 150, test, H} = 0,83 \times f_{ci, is, cyl, Ø150 \times 150, test, H}$$

Az útpályabetonok húzószilárdsági és nyomószilárdsági osztályainak tartalmát a 9.2. táblázatban tekintettük át, és ugyanitt mutatjuk be, hogy az útpályabetonok húzószilárdsági osztálya miként felel meg a nyomószilárdsági osztálynak.

9.2. táblázat: Útpályabetonok szilárdsági osztályának értelmezése és követelményei¹⁾

Útpályabetonok szilárdsági osztálya	CP3/2	CP3,5/2,4	CP4/2,7	CP4,5/3,5 »CP4,5/3«
Hajlító-húzószilárdság 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, formában készített 150×150×600 mm méretű próbahasábon, két pontos terheléssel meghatározott érték, legalább				
Hajlító-húzószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-1:2013 szerint értelmezve	F3,0	F3,5	F4,0	F4,5
Jellemző érték, $f_{ctk, fl}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	3,0	3,5	4,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	3,5	4,0	4,5
Átlagérték (várható érték), $f_{ctm, fl}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{ctm, fl} = 1,33 \times f_{ctk, fl}$	4,0	4,6	5,3	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat ²⁾ $f_{ctm, fl} = 1,33 \times f_{ctk, fl}$	–	4,6	5,3	6,5 »6,0«
Hasító-húzószilárdság 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, formában készített Ø150×300 mm méretű próbahengeren meghatározott érték, legalább				
Hasító-húzószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-1:2013 szerint értelmezve	S2,4	S2,7	S3,0	S3,8 »S3,3«
Jellemző érték, $f_{ctk, sp}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	2,4	2,7	3,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	2,7	3,0	3,5 »3,3«
Átlagérték (várható érték), $f_{ctm, sp}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{ctm, sp} = 1,33 \times f_{ctk, sp}$	3,2	3,6	4,0	–

9. ÚTBETONOK HÚZÓ- ÉS NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYA

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat ²⁾ $f_{ctm,sp} = 1,33 \times f_{ctk,sp}$	–	3,6	4,0	5,0 »4,4«
Hasító-húzószilárdság 28 napos korban, kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengeren meghatározott érték, legalább				
Hasító-húzószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-2:2013 szerint értelmezve	SC2,0	SC2,4	SC2,7	SC3,5 »SC3,0«
Jellemző érték, $f_{ctk,sp,core}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	2,0	2,4	2,7	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	2,4	2,7	3,2 ⁴⁾ »3,0«
Átlagérték (várható érték), $f_{ctm,sp,core}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{ctm,sp,core} = 1,33 \times f_{ctk,sp,core}$	3,2	3,6	4,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat ³⁾ $f_{ctm,sp,core} = 1,33 \times f_{ctk,sp,core}$	–	– »3,2«	– »3,6«	– »4,0«

A 9.2. táblázat folytatódik

A 9.2. táblázat folytatása

Útpályabetonok szilárdsági osztálya	CP3/2	CP3,5/2,4	CP4/2,7	CP4,5/3,5 »CP4,5/3«
Nyomószilárdság 28 napos korban, kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengeren meghatározott és Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára átszámított érték, legalább				
Nyomószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-2:2013 szerint értelmezve	CC20	CC25	CC30	CC35
Jellemző érték, $f_{ck,core}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	20	25	30	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	25	30	33 ⁴⁾ »35«
Átlagérték (várható érték), $f_{cm,core}$, N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{cm,core} = f_{ck,core} + 8$	28	34 »33«	40 »38«	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat $f_{cm,core} = f_{ck,core} + 8$	–	34 »33«	40 »38«	45 »43«
Nyomószilárdság 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, formában készített 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott érték, legalább				
Nyomószilárdsági osztály				
MSZ EN 1992-1-1:2010 szerint értelmezve $f_{ck,cube} \geq f_{cm,cube} - 8/0,81$	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45
MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3. szakasza szerint értelmezve az ütiügyi műszaki előírások szerinti átlagértékek biztosításához $f_{ck,cube} \geq f_{cm,cube} - 4$	C30/37	C30/37	C35/45	C45/55
MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezve az ütiügyi műszaki előírások szerinti átlagértékek biztosításához $f_{ck,cube} \geq f_{cm,cube} - 6$	C25/30- AC ₅₀ (H)	C30/37- AC ₅₀ (H)	C35/45- AC ₅₀ (H)	C40/50- AC ₅₀ (H)
Jellemző érték, $f_{ck,cube}$ N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	25	30	37	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	30	37	40 »45«
Átlagérték (várható érték), $f_{cm,cube}$ N/mm ²				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 8 \gg 8/0,81 = +10\llcorner$	33 »35«	40	45 »47«	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat $f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 8 \gg 8/0,81 = +10\llcorner$	–	40	45 »47«	50 »55«
Megjegyzés:				
1) »Lúdláb« jelben a logikailag idekívánkozó értékeket tüntettük fel.				
2) A hajlító-húzószilárdságnak az „e-UT 06.03.31:2017 tervezet” sorokban szereplő átlagértékei többé-kevésbé elfogadhatók, de azokat nem az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszaki előírásstervezet 5.2.2. szakaszában előírt $f_{ctk} = f_{ctm} - 0,5$ alakú összefüggésből számították ki, amiért ezt a kifogásolható előírást célszerű figyelmen kívül hagyni.				
3) Az e-UT 06.03.31:2017 ütiügyi műszai előírásstervezet 3. táblázatában nem található adat a kifűrt magmintából kivágott próbahengeren mért hasító-húzószilárdság előírt várható értékére (átlagértékére) Minthogy az előírt jellemző értékhez előírt átlagértéknek is kell tartoznia, a hiányzó átlagértékeket az $f_{ctm,sp,core} = 1,33 \times f_{ctk,sp,core}$ összefüggéssel meghatároztuk és »lúdláb« jelben megadtuk.				

4) Amennyiben egy rétegben épül.

A fűrt magmintából kialakított, vegyesen tárolt, különböző magasság/átmérő arányú próbahengerek nyomószilárdságának az azonos átmérőjű, de 1,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságára való – az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezetnek megfelelő – átszámítási tényezőjét a 9.3. táblázatban tüntettük fel. E táblázat szerint a fűrt magmintából kialakított, vegyesen tárolt, 1,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságát $1/1,18 = 0,85$ értékkel megszorozva a vegyesen tárolt, ugyanolyan átmérőjű, 2,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságára jutunk. Ezt 0,98 értékkel szorozva – ha a vizsgálatot Ø150×150 mm méretű próbahengeren végeztük – megkapjuk a végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságát.

9.3. táblázat: A nyomószilárdság átszámítási tényezője azonos átmérőjű, vegyesen tárolt próbahengerek magasság/átmérő aránya függvényében az 1,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságára az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 1. táblázata és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet 5. táblázata szerint

Magasság/átmérő aránya	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
Nyomószilárdság átszámítási tényezője	1,00	1,07	1,12	1,16	1,18
Például:	$f_{c, is, cyl, Ø150 \times 300, H} = (1/1,18) \times f_{c, is, cyl, Ø150 \times 150, H} = 0,85 \times f_{c, is, cyl, Ø150 \times 150, H}$ $f_{c, is, cyl, Ø100 \times 200, H} = (1/1,18) \times f_{c, is, cyl, Ø100 \times 100, H} = 0,85 \times f_{c, is, cyl, Ø100 \times 100, H}$				

Wesche (1993) szerint a nyomószilárdság viszonzyszáma a próbahenger karcsúsága függvényében a következő összefüggéssel fejezhető ki (9.1. ábra):

$$\text{Nyomószilárdság viszonzyszáma} = \frac{2 + \frac{1}{\text{magasság/átmérő}}}{3}$$

Eszerint a magasság/átmérő = 1,0 arányú próbahenger nyomószilárdsága a magasság/átmérő = 2,0 arányú próbahenger nyomószilárdságának 1,2-szerese, következésképpen $f_{cm, cyl, Ø150 \times 150} = 1,2 \times f_{cm, cyl, Ø150 \times 300}$, például az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti C20/25 nyomószilárdsági osztályú beton esetén $f_{cm, cyl, Ø150 \times 150} = 1,2 \times (20 + 8) = 33,6 \text{ N/mm}^2$. Átrendezve az $f_{cm, cyl, Ø150 \times 150} = 1,2 \times f_{cm, cyl, Ø150 \times 300}$ összefüggést kapjuk, hogy $f_{cm, cyl, Ø150 \times 300} = 0,83 \times f_{cm, cyl, Ø150 \times 150}$, amelyben szereplő 0,83-os szorzóhoz az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet 0,85 értékű szorzója jól közelít.

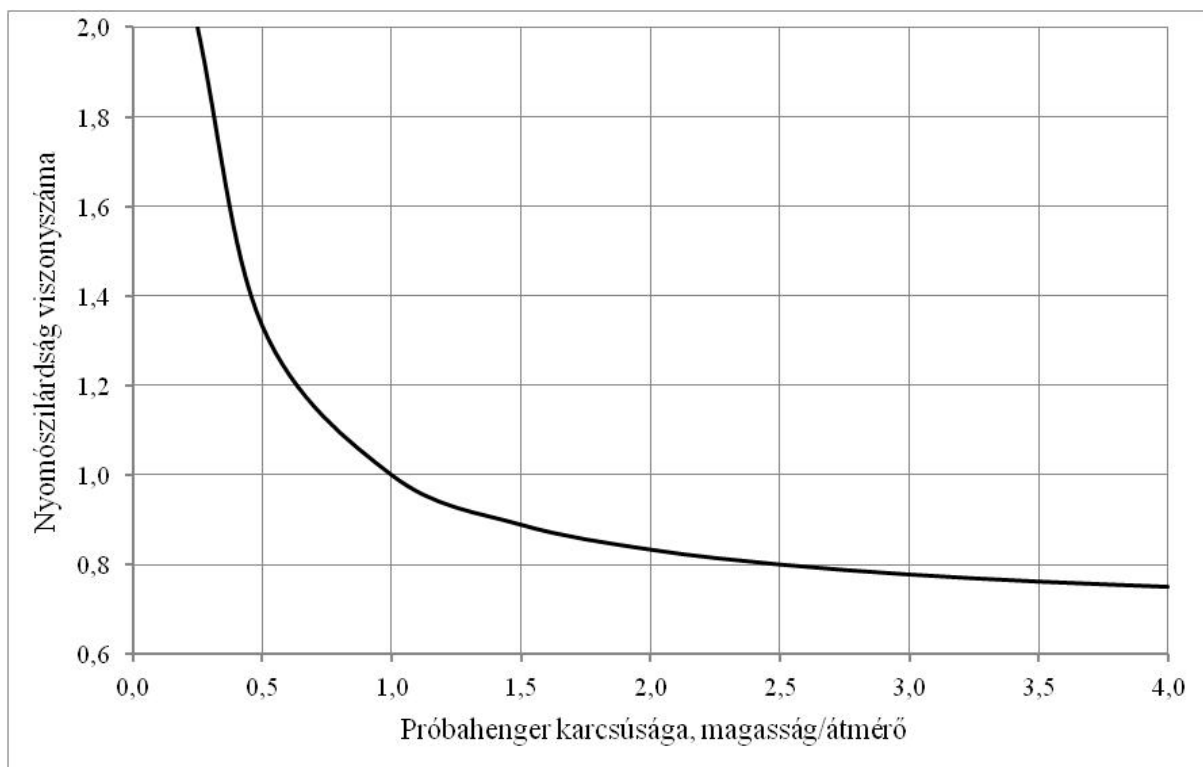
FONTOS: MSZ (DIN) 13791:2019 megvettem 2020. februárban

DIN EN 13369:2013

Anhang H (informativ) Formfaktoren für Bohrkerne

Die direkt ermittelte Bauteilfestigkeit des Betons sollte mit Bohrkerne mit einem Durchmesser $d \geq 50 \text{ mm}$ geprüft werden; die Länge h sollte nicht weniger als $0,7 d$ betragen; die Stirnflächen der Probekörper sollten

geschliffen sein. Zur Ermittlung der Zylinderdruckfestigkeit f° kann eine gute Korrelation für die gemessene Festigkeit f' als Funktion des Größenverhältnisses h/d nach folgender Gleichung berechnet werden: $f^\circ = f' / \{1,20 - 0,20[1 - e - 1,7(h/d - 1)]\}$



9.1. ábra: A próbahenger nyomószilárdságának viszonyozása a henger karcsúságának (magasság/átmérő) függvényében vegyes tárolás esetén (Wesche, 1993)

A roncsolásos nyomószilárdság vizsgálattal e könyv 20.1.1. fejezetében, a magmintából kialakított próbahengerek nyomószilárdságának értékelésével e könyv 20.1.8.1. fejezetében foglalkozunk. **A 20.1.8. fejezet nem ebben a kötetben van!!!**

A német *TL BetonStB 07* (2007) műszaki követelmények 4. fejezete – amely a korabeli DIN 18316 szabvány 2.1.6 szakaszára hivatkozik – szerint az útbetonok nyomószilárdsági osztálya valamennyi betonútépítési osztályban legalább C30/37, a beton három próbahasábon mért hajlító-húzószilárdságának átlaga a típusvizsgálat során az SV és I-III betonútépítési osztályban legalább 4,5 N/mm², a IV-VI betonútépítési osztályban legalább 3,5 N/mm² legyen. A német betonútépítési osztályok és forgalmi terhelési osztályok a 9.4. táblázat szerintiek, és összehasonlításként a 9.5. táblázatban az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezetben szereplő forgalmi terhelési osztályokat tüntettük fel.

9.4. táblázat: Német betonútépítési osztályok az RStO 12 (2012) műszaki irányelv szerint

Forgalmi terhelési osztály jele	10 tonna (100 kN) egyenértékű tengelyáthaladások száma, millió db	Példa	Betonútépítési osztály
Bk100	> 32,0	Autópályák, gyorsforgalmi utak	SV
Bk32	10,0 – 32,0	Ipari utak	I
Bk10	3,2 – 10,0	Főközlekedési utak	II
Bk3,2	1,8 – 3,2	Bekötőutak	III
Bk1,8	1,0 – 1,8	Gyűjtőutak és kisforgalmú főközlekedési utak	III
Bk1,0	0,3 – 1,0	Lakóutak	IV
Bk0,3	< 0,3	Kisforgalmú lakóutak	V és VI

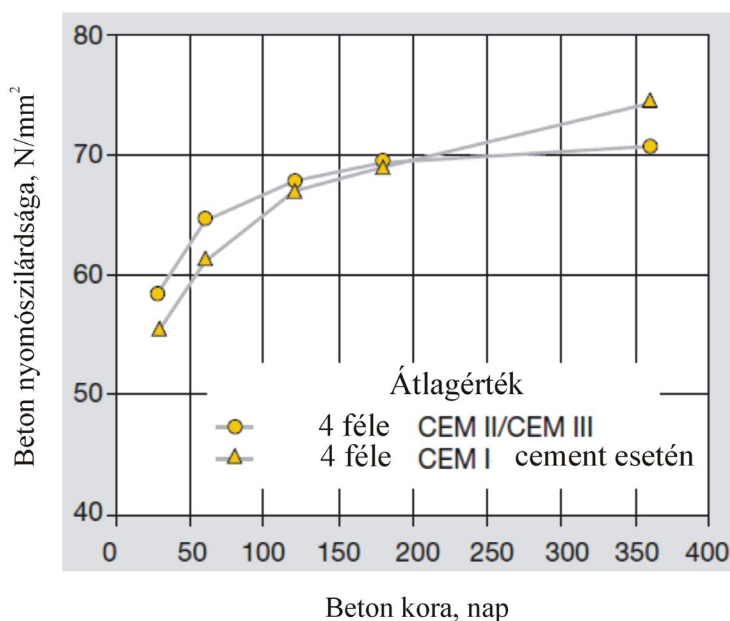
9.5. táblázat: Forgalmi terhelési osztályok az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet szerint

Forgalmi terhelési osztály jele	Forgalom jellemzése	10 tonna (100 kN) egyenértékű tengely-áthaladások száma, millió db
R	Rendkívül nehéz	> 30,0
K	Különösen nehéz	10,0 – 30,0
E	Nagyon nehéz	3,0 – 10,0
D	Nehéz	1,0 – 3,0
C	Közepes	0,3 – 1,0
B	Könnyű	0,1 – 0,3
A	Nagyon könnyű	< 0,1

A német *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás 3.2.3.2 szakasza szerint a sablonban készült 150×150 mm keresztmetszetei méretű, legalább 525 mm ($3,5 \times 150 = 525$ mm) hosszúságú próbahasáb hajlító-húzószilárdságát harmad-pontos terheléssel 28 napos korban kell a DIN EN 12390-5 szabványnak megfelelően meghatározni.

A *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás 4.2.4 szakaszában úgy rendelkeznek, hogy a betonburkolatból, illetve beton teherhordórétegből legkorábban a beton 14 napos korában szabad a magmintát kifűrti, és a nyomószilárdság vizsgálatig 20 ± 2 °C hőmérsékleten, zárt térben, levegőn kell tárolni. A kifűrt magminták átmérője 150 mm legyen, amelyekből 150 mm magas próbahengereket kell kivágni. A próbahengerek nyomószilárdságát a beton 60 napos korában kell meghatározni. Ez az előírás eltér a fenti, érvényes európai szabványoktól és a magyar útügyi műszaki előírásoktól, amelyek szerint a betonburkolatok nyomószilárdságát 28 napos korban kell vizsgálni. A vizsgálati előírásban nem említik, hogy a beton minősítése esetén a 60 napos korban mért nyomószilárdságot át kellene számítani a 28 napos korhoz tartozó értékre; csak hogy ebben az esetben a C30/37 jelölést nem lenne szabad használni, mert az a 28 napos korú beton nyomószilárdsági osztályának a jele.

Közbevetőleg megemlítjük, hogy Müller és szerzőtársai (2013) nyolc-féle CEM I 32,5 R, két különböző gyárból származó CEM I 42,5 N, CEM I 42,5 R, CEM II/A-S 42,5 R, CEM II/B-S 32,5 R, CEM II /B-S 42,5 N és CEM III/A 42,5 N cementtel készített betonok 28, 60, 120, 180 és 360 napos nyomószilárdságát vizsgálták. A betonok szilárdulási sebessége alapján csoportosított kísérleti eredményekből (9.2. ábra) meghatározott időtényezőket (9.6. táblázat) a német szövetségi közlekedési, építési és városfejlesztési miniszter (BMVBS) az ARS 27/2012 közlekedésügyi körlevéllel a ZTV BetonStB 07:2007 kiegészítő szerződési feltételek és építési irányelv részévé tette.



9.2. ábra: Az útpályabeton nyomószilárdsága a cement fajtája és a beton kora függvényében (Müller et al., 2013)

Az ábra a 2017. évi Beton-Kalender 1. kötetének IV. fejezetében (Ch. Müller: Zement und seine Anwendung), a 275. oldalon is megtalálható.

Beton kora, nap	Átszámítási tényező, szorzó	
	CEM I	CEM II és CEM III
60	1,00	1,00
120	0,92	0,95
180	0,88	0,93
≥ 360	0,82	0,92

9.6. táblázat: A különböző korú útpályabetonok nyomószilárdságának átszámítási tényezője a cement fajtája függvényében a 60 napos korú beton nyomószilárdságára (Müller et al., 2013)

A *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás szerint a vegyesen tárolt próbahengerek nyomószilárdságát a végig víz alatt tárolt próbahengerek nyomószilárdságának meghatározásához 0,92 értékű átszámítási tényezővel meg kell szorozni. Ha a kifűrt magmintából kialakított, 150 mm átmérőjű próbahenger magassága nem 150 mm, akkor a nyomószilárdság vizsgálat eredményét a 9.7. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel el kell osztani.

9.7. táblázat: Osztó tényező a 150 mm átmérőjű, átmérő/magasság $\neq 1,0$ arányú próbahenger nyomószilárdságának átszámítására 150 mm magas próbahenger nyomószilárdságára a német *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás szerint

Próbahenger magassága, mm	Osztó tényező	Próbahenger magassága, mm	Osztó tényező
100	1,12	200	0,91
120	1,07	220	0,89
140	1,02	240	0,87
150	1,00	260	0,86
160	0,98	300	0,85
180	0,94		

Az egykori Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat (ÉKSZ 1970) „VI. kötet. Közlekedési Mélyépítmények. 4. munkanem. Beton pályaburkolatok” kötet E.5 fejezetében a betonburkolatból kivágott, legalább 100 mm élhosszúságú, 42 napos korú próbakockák nyomószilárdságának és az ehhez tartozó hajlító-húzószilárdságnak a megkövetelt átlagértékét adták meg. Ugyanitt megtalálható a betonpályaburkolat megengedett vízfelvétele is (9.8. táblázat).

9.8. táblázat: A betonburkolatból kivágott, legalább 100 mm élhosszúságú, 42 napos korú próbakockák előírt átlagos nyomószilárdsága és az ehhez tartozó előírt átlagos hajlító-húzószilárdsága, valamint a betonpályaburkolat megengedett vízfelvétele az érvényét veszített 1970. évi ÉKSZ VI. kötet. E.5 fejezete szerint

Burkolat csoport	A tervben előírt szilárdság		I.		II.		III.	
	Nyomó-	Húzó-	Nyomó-	Hajlító-húzó-	minőségi osztály esetén			
					Nyomó-	Hajlító-húzó-	Nyomó-	Hajlító-húzó-
szilárdság átlagértéke, legalább, N/mm ²								
V.	45	5,0	45	5,0	42	4,5	40	4,0
IV.	40	4,5	40	4,5	36	4,0	32	3,6
III.	32	4,0	32	4,0	30	3,6	28	3,2
II.	28	3,5	28	3,5	26	3,2	24	2,8
I.	24	3,0	24	3,0	22	2,7	20	2,4
			Vízfelvétel, legfeljebb, tömeg%					
V.			5		6		7	
IV.			5		6		7	
III.			6		7		8	
II.			7		8		9	
I.			8		9		10	

Még korábbi az MSZ 15123:1952 beton útburkolási szabvány, amelyben az acélformában készített 200×200×700 mm méretű, a betonút utókezelésével azonos módon utókezelt próbahasábok hajlító-húzószilárdság vizsgálatát a beton 42 napos korában írták elő. A betonburkolat hajlító-húzószilárdságának megkövetelt átlagértéke legalább 4,5 N/mm², legkisebb egyedi értéke legalább 3,5 N/mm² volt. Az MSZ 15125:1952 szabvány szerint a repülőterek guruló- és futópályái betonburkolatából kimunkált, 42 napos korú próbahasábok átlagos hajlító-húzószilárdsága legalább 5,0 N/mm², a kész betonpályából kimunkált, legalább 100 mm élhosszúságú, 42 napos korú próbakockák átlagos nyomószilárdsága legalább 50 N/mm² kellett legyen.

Az 1950-es években az útépítésben általános volt betonburkolatok 42 napos korú szilárdságvizsgálata; 42 napos korban a tervezési irányelvekben 4,5 N/mm² hajlító-húzószilárdsággal jellemezték például a főközlekedési utak (MSZ 15266:1952 R), az alsóbbrendű utak (MSZ 11346:1954 R), a városi és községi utak (KPMSZ KT/1:1954) és az ipartelepi belső utak (MSZ 11336:1952 R) betonburkolatát is.

Az 1980-as években a beton pályaburkolatok kifűrt magmintáiból kialakított, Ø150×150 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának és hasító-húzószilárdságának jellemző értékét 60 napos korban határozták meg. Az MSZ-07 3212-3:1981 szabvány szerint a beton pályaburkolatok friss betonjából készített 28 napos korú próbakockák nyomószilárdságának és próbahasábok hajlító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke, valamint a betonburkolatból kifűrt magmintákból kialakított 60 napos korú próbahengerek nyomószilárdságának és hasító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke a 9.9. táblázat szerinti volt. Az MSZ-07 3212-3:1981 szabványban a betonburkolat megengedett vízfelvétele megegyezett az I.-IV. burkolat csoportban az 1970. évi ÉKSZ VI. kötet. E.5 fejezetében megengedett értékkel (9.8. táblázat).

9.9. táblázat: A pályaburkolatok betonja szilárdságának előírt jellemző értéke az érvényét veszített MSZ-07 3212-3:1981 szabvány szerint

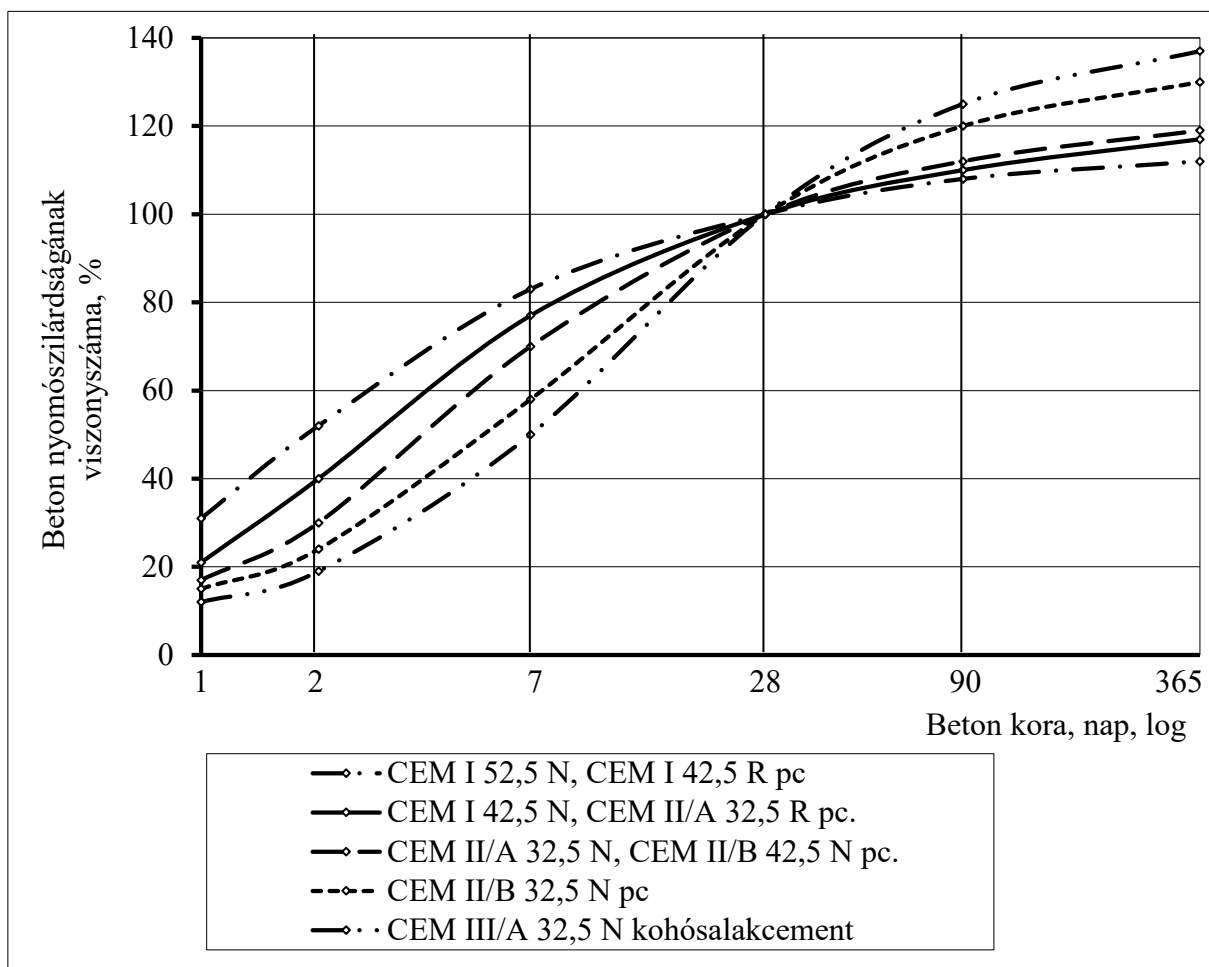
jele	alkalmazási területe	Friss betonból formában készített		Ø150×150 mm méretű, a kész betonburkolatból kifűrt magmintából kialakított próbahengeren mért	
		200 mm élhosszúságú próbakockán mért	150×150×700 mm méretű próbahasábon mért	nyomószilárdság	hasítóhúzószilárdság
		előírt jellemző értéke, N/mm ²			
		28 napos korban		60 napos korban	
IV.	Repülőtér, autópálya, főút	31	3,6	28	3,0
III.	Alsórendű út	25	3,2	24	2,6
II.	Mezőgazdasági út	22	2,8	20	2,2
I.	Kerékpár- és gyalogút	19	2,4	18	1,7

Az MSZ-07 3212-3:1981 szabvány táblázatot tartalmazott a 150 mm átmérőjű, de a 150 mm magasságtól eltérő magasságú 60 napos magminta próbahengerek nyomószilárdságának és hasító-húzószilárdságának átszámítási (korrekciós) szorzó tényezőire (9.10. táblázat). A nyomószilárdság MSZ-07 3212-3:1981 szabványban közölt átszámítási tényezői lényegében megegyeznek a MSZ EN 13877-2:2013 szabvány és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírásstervezet átszámítási tényezőivel (lásd a 9.3. táblázatot).

9.10. táblázat: A 150 mm átmérőjű, de a 150 mm magasságtól eltérő magasságú 60 napos útbeton magminta próbahengerek nyomószilárdságának és hasító-húzószilárdságának átszámítási (korrekciós) szorzó tényezői az érvényét veszített MSZ-07 3212-3:1981 szabvány szerint

150 mm átmérőjű henger magassága, mm	Nyomószilárdság	Hasító-húzószilárdság
	átszámítási (korrekciós) szorzó tényezője	
15	1,00	1,00
16	1,02	1,02
18	1,06	1,04
20	1,10	1,07
22	1,12	1,09
24	1,15	1,12
26	1,16	1,15
30	1,18	1,21

Minthogy fenn a pályaburkolatból kifűrt vagy kivágott betonpróbatestek 42 napos és 60 napos korban végzett nyomószilárdság vizsgálatáról szót ejtettünk, és az MSZ 4798:2016 szabvány 4.3. fejezetében és O mellékletében is foglalkoznak a 28 napostól eltérő korú beton nyomószilárdságával, nem érdektelen idézni *Palotás László* és *Balázs György* professzort (1980), akik külföldi és hazai adatok alapján a különböző cementekkel készített betonok szilárdulásának viszonyát jelleggörbén mutatták be (9.3. ábra).



9.3. ábra: Különböző cementekkel készített betonok nyomószilárdságának viszonyosszáma a beton korának függvényében (*Palotás – Balázs 1980*)

Összegezve: Az útépitési beton burkolatalapok betonjának szilárdságát az e-UT 06.03.32:1993 ütügyi műszaki előírastervezet szerint értelemszerűen az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerinti nyomószilárdsági osztállyal kell jellemezni, mert az tekinthető a visszavont MSZ 4719:1982 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztállyal egyenértékűnek.

Az 1950-1980 években bevezetett, mára érvényüket veszített magyar betonútépitési szabványok és az ÉKSZ (1970) VI. kötet. E.5 fejezete szerint a betonburkolatból kivágott vagy kifűrt minták 42 vagy 60 napos szilárdság vizsgálatával nem, vagy nem elsősorban a betont, hanem a megépült betonburkolatot minősítették. E régi magyar előírások mai utóda, az MSZ 4798:2016 betonszabvány csak előzetes írásbeli megállapodás, és alapos indok esetén fogadja el a beton nyomószilárdsági osztályának meghatározását sablonban készített 42, 56, legfeljebb 90 napos korú próbatestek nyomószilárdság vizsgálata alapján, mert az MSZ 4798:2016 szabvány a betonra, mint termékre vonatkozik, és nem vonatkozik a szerkezetbe már beépített betonra.

10. KÖRNYEZETI OSZTÁLY

Hivatkozni kelle valahol: Setzer, M. J.

Siebel et al. (2005) = DAfStb Heft 560. (2005)

Müller – Gusse (2010) = DAfStb Heft 577. (2010)

Lásd: DAfStb Heft 622. (2016) Greve-Dierfeld, S. M. v.

DAfStb Heft 620. Gerlach, J. – Lohaus, L.

Lásd: Gerlach, J. – Lohaus, L.: DAfStb Heft 620.

10.1. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK KÖVETELMÉNYEI

Az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok szerint a betonokat a beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága érdekében környezeti osztályokba kell sorolni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány a környezeti osztályokat a 4.1. táblázatban és szerkezeti osztályokkal, illetve a betonfedéssel kapcsolatban a szabvány 4.3.N – 4.5.N táblázatában, a repedéstágasságra vonatkozólag a szabvány 7.1.N táblázatában tárgyalja, és a magyar nemzeti melléklet – amely előírás – NA3.1.2. szakaszában a 4. fejezet (5) bekezdéséhez megjegyzi, hogy a környezeti feltételeknek a 4.1. táblázatban szereplőnél részletesebb osztályozása, valamint az XA1-XA3 környezeti osztállyal kapcsolatban a környezet agresszivitásának mértékére vonatkozó határértékek az MSZ EN 206-1 szabványban – következésképpen az MSZ EN 206:2013+A2:2021, az MSZ 4798:2016 és az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban – találhatók.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 11.4. szakasza szerint a *könnyűbetonok* környezeti osztálya célszerűen azonos a szokványos (normál) betonok környezeti osztályával.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány 4.1. fejezetében a környezeti osztályokat az 1. táblázatban ismertetik, és a beton követelményeire az F mellékletben, illetve az F1. táblázatban adnak ajánlást. Az F1. táblázatban szereplő követelmények betartásával 50 év beton használati élettartam várható.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány F1. táblázatának értékei az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti CEM I fajtájú 32,5 szilárdsági osztályú cementnek és a 20-32 mm legnagyobb névleges szemnagyságú adalékanyagának a felhasználására vonatkoznak.

Amennyiben a tervezési élettartam eltér az 50 évtől, vagy ha nem CEM I 32,5 osztályú cementet, vagy nem 20-32 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyagot kívánnak a betonkeverékhez alkalmazni, akkor a felhasználható betonösszetételek és az elérendő betontulajdonságok meghatározását e kérdésben jártas szakértőre, illetve betontechnológusra kell bízni.

A Magyarországon kötelezően alkalmazandó környezeti osztályok az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabványnak a NAD F1. táblázatában találhatók.

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány a környezeti osztályokat az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványhoz képest a kis szilárdságú betonokra (C8/16, C12/16, C16/20), a légbuborék nélküli fagyálló betonokra, az agresszív vizek stb. okozta oldódásos korrózióknak ellenálló betonokra, a kopásálló betonokra, a vízzáró betonokra és a megengedett vagy a megkövetelt levegőtartalom előírásával lényegében a bedolgozott friss betonok testsűrűségére is kiterjeszti, és a környezeti osztályok alkalmazását, és e követelmények betartását az *európai szabványt meghaladó módon kötelezővé teszi*.

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány szerinti környezeti osztályok és követelmények az 50 év tervezési élettartamú, CEM I 32,5 osztályú cementtel és 20-32 mm legnagyobb névleges szemnagyságú adalékanyaggal készített betonokra a *9.1. táblázatban* található. Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány környezeti osztályokkal foglalkozó F melléklete előírás. A táblázatban szereplő követelmények függetlenek attól, hogy a betonra kerül-e szigetelés vagy bevonat, vagy nem kerül. Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek esetén az előírt legkisebb betonfedést ($c_{\min, \text{dur}}$) is be kell tartani.

10.1. táblázat: Beton környezeti osztályai az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Káros környezeti hatásoktól mentes beton és vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek korrózióknak ellen nem álló betonja					
Káros környezeti hatás egyáltalán nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű betont	XN(H)	C8/10	165	0,90	10.2. tábl.
	Például: Aljzatbetonok, beton alaprétegek, cement-stabilizációk				
	X0b(H)	C12/15	230	0,75	10.2. tábl.
	Például: Vasalatlan alapbetonok, kitöltő és kiegyenlítő betonok, üreges födémbélestegek és válaszfallapok, üreges zsaluzóelemek és pince-falazóelemek, kétrétegű járdalapok és útburkolóelemek hátfelvonja, belső tömör és üreges főfal-falazóelem				
Káros környezeti hatás a karbonátosodáson kívül nem éri a vasalt betont (nem vasbetont!)	X0v(H)	C16/20	250	0,70	10.2. tábl.
	Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbetonok, vasalt térhatároló betonok				
Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek acélbetéteket korróziótól védő, karbonátosodásnak ellenálló betonja					
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	10.2. tábl.
	Például: Belső pillérek, belső födémek, vízszint alatti betonok				
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	10.2. tábl.
	Például: Épületalapok, támfalalapok, mélyalapok, alaplemezek, kiegyenlítő lemezek betonja				
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	10.2. tábl.
	Például: Fürdőépületek szerkezetének, szabadban lévő, de esőtől védett szerkezetek betonja				
Váltakozva nedves és száraz helyen lévő, vízpermettel stb. érintkező beton	XC4	C30/37	300	0,50	10.2. tábl.
	Például: Szárnyfalak, pincefalak, fűtő cölöpök, cölöp-fejgerendák, mederfalak, külső falak, pillérek és födémek betonja				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek acélbetéteket klorid-korróziótól védő, nem tengervízből származó kloridoknak ellenálló betonja ⁵⁾					
Mérsékelten nedves helyen lévő, levegőből származó kloridokkal (sópárával) érintkező, de jégolvasztósókkal nem érintkező beton	XD1	C30/37	300	0,55	10.2. tábl.
	Például: Vegyipari üzemek és környezetükben lévő építmények szerkezetének, sópincék és környezetük betonja				
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő, kloridokkal (sókkal) érintkező, de jégolvasztósókkal nem érintkező beton ⁶⁾	XD2	C35/45	320	0,50	10.2. tábl.
	Például: Alépítmények, szárnyfalak, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, kloridtartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek betonja, ha az agresszív víz kloridtartalma: Cl ⁻ > 500 mg/liter				
Váltakozva nedves és száraz helyen lévő, jégolvasztósókkal, sólével, jégolvasztósók permetével (kloridokkal) érintkező beton ⁷⁾	XD3	C35/45	320	0,45	10.2. tábl.
	Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betonja				
Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek acélbetéteket klorid-korróziótól védő, tengervízből származó kloridoknak ellenálló betonja					
Tengervízzel nem, de sós tengeri levegővel érintkező beton	XS1	C30/37	300	0,50	10.2. tábl.
	Például: Tengerparton lévő szerkezetek, tengervízi akváriumok betonja				
Állandóan tengervízbe merülő beton	XS2	C35/45	320	0,45	10.2. tábl.
	Például: Tengervízben álló szerkezetek, tengervízzel töltött akváriumok betonja				
Árapálllyal, hullámozó tengervízzel vagy tengervíz permetével érintkező beton	XS3	C35/45	340	0,45	10.2. tábl.
	Például: Tengervízzel váltakozva érintkező szerkezetek betonja				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Függőleges felületű ⁸⁾ beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonja ¹⁰⁾					
Függőleges felületű vagy 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagynak kitétt, olvasztósózás nélküli fagyálló beton	XF1	C30/37	300	0,55	10.2. tábl.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek betonja				
Függőleges felületű vagy 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, fagynak és jégolvasztósók permetének kitétt fagyálló beton ¹²⁾	XF2	C25/30	300	0,55	10.3. tábl.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ¹¹⁾ Példa: Útépitési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek betonja				
	XF2(H)	C35/45	320	0,50	10.2. tábl.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek betonja Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok és hídpályaszerkezetek esetén tilos!				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Vízszintes felületű ⁹⁾ beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonja ¹⁰⁾					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitett, olvasztósózás nélküli fagyálló beton ¹²⁾	XF3	C30/37	320	0,50	10.3. tábl.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ¹¹⁾ Példa: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek betonja				
	XF3(H)	C40/50	340	0,45	10.2. tábl.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek betonja Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok, híd pályalemezek esetén tilos!				
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, fagnak és jégolvasztósóknak közvetlenül kitett fagyálló beton ¹²⁾	XF4	C30/37	340	0,45	10.3. tábl.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ¹¹⁾ Például: Útpályabetonok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri pályaburkolatok, nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek betonja				
	XF4(H)	C40/50	360	0,40	10.2. tábl.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek betonja Alkalmazása utak, repülőtér és hidak pályaburkolata esetén tilos!				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek okozta (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos) kémiai korrózióknak ellenálló betonja ¹³⁾					
Enyhén agresszív talajjal vagy talajvízzel, felszíni természetes vízzel érintkező beton	XA1	C30/37	300	0,55	10.2. tábl.
	Például: Pincék, alaptestek, fűrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztőszekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák betonja				
Mérsékelten agresszív talajjal vagy talajvízzel, felszíni természetes vízzel érintkező beton	XA2	C30/37	320	0,50	10.2. tábl.
	Például: Pincék, alaptestek, fűrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztőszekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák betonja				
Nagymértékben agresszív talajjal vagy talajvízzel, felszíni természetes vízzel érintkező beton	XA3	C35/45	360	0,45	10.2. tábl.
	Például: Pincék, alaptestek, fűrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztőszekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák betonja				
Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok okozta (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) kémiai korrózióknak ellenálló betonja ¹⁴⁾					
Közcsatornába bocsátható, enyhén agresszív szennyvizek, valamint egyéb enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok	XA4(H)	C30/37	320 ¹⁵⁾	0,45 ¹⁶⁾	10.2. tábl.
	Az XA4(H) környezeti osztályba sorolandó: - az új létesítésű szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzőitől függetlenül; - a meglévő, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján; - az enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíz (esővíz) tárolók stb. betonja az agresszív közeg – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján.				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok okozta (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) kémiai korróziónak ellenálló betonja ¹⁴⁾					
Közcatornába bocsátható, közepesen agresszív szennyvizek, valamint egyéb közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok A beton agresszív folyadékkal és gőzével érintkező felületét <i>ajánlott védőréteggel bevonni!</i>	XA5(H)	C30/37	330 ¹⁵⁾	0,43 ¹⁶⁾	10.2. tábl.
	Az XA5(H) környezeti osztályba sorolandó: - a szennyvíztisztító telepek elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyainak betonja, új létesítésű, közcatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők és szennyvíziszap kezelési műtárgyak betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzőitől függetlenül; - a meglévő, közepesen agresszív szennyvizekkel érintkező felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján; - a közepesen agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja az agresszív közeg – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján.				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok okozta (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) kémiai korrózióknak ellenálló betonja ¹⁴⁾					
Közcatornába bocsátható, fokozottan agresszív szennyvizek, valamint egyéb fokozottan agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok A beton agresszív folyadékkal és gőzével érintkező felületét <i>védőréteggel kell bevonni!</i>	XA6(H)	C35/45	345 ¹⁵⁾	0,40 ¹⁶⁾	10.2. tábl.
	Az XA6(H) környezeti osztályba sorolandó: - az új létesítésű, közcatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzőitől függetlenül; - a meglévő, fokozottan agresszív szennyvizekkel érintkező felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján; - a fokozottan agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állatetető vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsimosók, veszélyeshulladék-tárolók stb. betonja az agresszív közeg – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján.				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement-tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonja					
Mérsékelten kopásálló, k14/21 jelű kopásálló kavics- vagy zúzottkőbeton	XK1(H)	C30/37	310	0,50	10.2. tábl.
	Például: Silók, bunkerek, könnyű anyagokat tároló tartályok betonja, garázspadozatok, lépcsők, járólapok, kopásálló réteggel ellátandó ipari padlóburkolatok kopásálló réteg képzése előtt				
Kopásálló, k12/18 jelű kopásálló zúzottkőbeton	XK2(H)	C35/45	330	0,45	10.2. tábl.
	Például: Nehéz anyagok tárolójának betonja, gördülő hordalékkal érintkező betonok, egyrétegű járdalapok és monolit járdák, kétrétegű járdalapok kopórétege, közönséges útszegélyelemek, beton és vasbeton lépcsők, aknafedlapok				
Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű kopásálló zúzottkőbeton	XK3(H)	C40/50	350	0,40	10.2. tábl.
	Például: Egyrétegű útburkolóelemek, kétrétegű útburkolóelemek kopórétege, kopásálló útszegélyelemek, útpályaburkolatok, repülőtéri pályaburkolatok, konténer átrakó állomások térburkolata				
Igen kopásálló, k8/12 jelű kopásálló zúzottkőbeton	XK4(H)	C45/55	370	0,38	10.2. tábl.
	Például: Nehéz terheknek kitett, hernyótalpas járművek járta térburkolatok, csarnokok és raktárak padlóburkolata, kopóréteg nélküli ipari padlóburkolatok				
Különlegesen kopásálló, k6/9 jelű kopásálló zúzottkőbeton ¹⁷⁾	XK5(H) ¹⁷⁾	C50/60	390	0,35	10.2. tábl.
	Nem szabványos környezeti osztály. Például: Vibropréselt térburkolóelemek				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület ¹⁾	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ^{2), 3)}	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³ ⁴⁾	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb ⁴⁾	Friss beton levegő-tartalma, könyvünk táblázata szerint
Vízzáró, illetve nedvességálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonja					
Föld alatt , állandóan nedves környezetben, de légköri nyomáson lévő nedvességálló (nem vízzáró) beton vagy ilyenből készülő, de beágyazottsága folytán kevésbé karbonátosodó nedves vasbeton, feszített vasbeton ¹⁸⁾	XV1(H)/V0 ¹⁸⁾	C25/30	300	0,55	10.2. tábl.
	Például: Föld alatt, de talajvízszint felett lévő szerkezetek, talajnedvességnek vagy talajpárának kitett alapozások, pincefalak, cölöpök vagy olyan mélygarázsok betonja, amelyek környezetében például vízelszívással, talajvíz-mentesítéssel (drénezés) tartósan megszüntették a víznyomást. Föld alatti vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteknek már az egyoldali karbonátosodási veszélye is indokoltta teheti a beton valamely XC környezeti osztályba sorolását is (például mélygarázs vasbetonfala)				
Mérsékeltén vízzáró beton (vz50, a megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás az MSZ EN 12390-8:2009 szerint vizsgálva 50 mm) ¹⁹⁾	XV1(H) ¹⁹⁾	C25/30	300	0,55	10.2. tábl.
	A szerkezetre ható vízoszlop nyomása 2 m-nél kisebb (< 2,0 bar). Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalapok, átereszek, folyókák, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelemek, rézsűburkolatok, víztároló medencék, záportározók, esővízgyűjtők betonja				
Fokozottan vízzáró beton (vz35, a megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás az MSZ EN 12390-8:2009 szerint vizsgálva 35 mm) ¹⁹⁾	XV2(H) ¹⁹⁾	C30/37	300	0,50	10.2. tábl.
	A szerkezetre ható vízoszlop nyomása: 2 – 10 m (0,2 – 1,0 bar). Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók, föld alatti alaptestek betonja, kiegyenlítő lemezek				
Igen vízzáró beton (vz20, a megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás az MSZ EN 12390-8:2009 szerint vizsgálva 20 mm) ¹⁹⁾	XV3(H) ¹⁹⁾	C30/37	300	0,45	10.2. tábl.
	A szerkezetre ható vízoszlop nyomása: 10 m-nél nagyobb (>1,0 bar). Például: Mélygarázsok, mélyraktárak, alagutak külső határoló szerkezete, vízépítési műtárgyak betonja				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

- 1) Ha a betont többféle környezeti hatás éri, akkor ezeket a hatásokat a környezeti osztályok MSZ 4798:2016 szabvány F mellékletének (23) szakasza szerinti társításával (kombinálásával) kell kifejezni (lásd e könyv 10.2. fejezetét).
- 2) Vasbetont az MSZ 4798:2016 szabvány szerint csak legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonból, feszített vasbetont az MSZ 4798:2016 és MSZ EN 13369:2024 szabvány szerint csak legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból szabad készíteni.
Az e-UT 07.02.11:2011 közúti hídépítési utügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza a feszített vasbetonelemek legkisebb beton-nyomószilárdsági osztályaként a C30/37 jelű nyomószilárdsági osztályt jelöli meg, míg az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési utügyi műszaki előírás 1. táblázata szerint feszített vasbeton hídszerkezetek, üzemben előregyártott hídgerendák készítéséhez C40/50 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni.
- 3) Ha a beton nyomószilárdsági osztályát nem az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány, hanem az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009, MSZ EN 1992-3:2011), illetve az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezik és számítják, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni (tapadó kötőjellel) az AC₅₀(H) kísérőjelet.
A 100 év tervezési élettartamú, legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok nyomószilárdsági osztályát – beleértve a nagyszilárdságú betonok ($\geq$ C55/67) nyomószilárdsági osztályát is – az Eurocode 2 szabvánnyal való egyezés érdekében mindenképpen az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint ajánlott meghatározni.
CEM III kohósalakcementtel, illetve nagy mennyiségű ($\geq$ 40 tömeg%) őrlött granulált kohósalak kiegészítőanyaggal kevert portlandcementtel készített beton esetén a nyomószilárdsági osztály az MSZ 4798:2016 szabvány 4.3.1. szakasza 2. megjegyzésének figyelembevételével a 28 napostól eltérő korú nyomószilárdsággal is kifejezhető (lásd e könyv 8.2. fejezetét).
- 4) A beton összetétel e táblázatban szereplő értékeit CEM 32,5 jelű cement alkalmazásának feltételezésével határozták meg. A környezeti osztályok követelményei szempontjából a beton nyomószilárdsága és a víz-cement tényező közül a víz-cement tényező a döntő: hiába nagyobb az 52,5 vagy 42,5 szilárdsági osztályú cementtel készített beton nyomószilárdsága, mint a 32,5 szilárdsági osztályú cementtel készítetté, a víz-cement tényezőt a – az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány F1. táblázatában, illetve az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány NAD F1. táblázatában szereplő – megengedett legnagyobb értékhez képest megnövelni nem szabad. Ha CEM 42,5 vagy CEM 52,5 jelű cementtel készül a beton, az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány F1. és NAD F1. táblázatának értékeit akkor is alkalmazni kell, és akkor sem szabad a víz-cement tényezőt e táblázatban megengedett érték fölé emelni, vagy a megköveteltnél kevesebb cementet adagolni.
Az 50 év tervezési élettartamú betonok egyedi (egyes) tényleges víz-cement tényezője, víz-kötőanyag tényezője és hatékony víz-kötőanyag tényezője a megengedett legnagyobb értéket legfeljebb +0,02 értékkel lépheti túl.

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Az 50 év tervezési élettartamú betonok egyedi (egyed) tényleges cementtartalma, kötőanyagtartalma és hatékony kötőanyagtartalma a megkövetelt legkisebb értéknél legfeljebb 10 kg/m³-rel lehet kevesebb.
100 év tervezési élettartamú betonok esetén a megengedett víz-cement, illetve víz-kötőanyag tényező az e táblázatban szereplő értéknél, - ha az 0,50, vagy annál nagyobb, akkor 10%-kal kisebb (például 0,50 helyett 0,45), - ha az 0,50-nál kisebb és eléri a 0,40 értéket, akkor 5%-kal kisebb (például 0,40 helyett 0,38).
5) Az XD környezeti osztály a jelében szereplő D betű (deicing = jégtelenítősó) sugallata ellenére minden édesvízi eredetű só (klorid) acélbetét-károsító (és tegyük hozzá, erősítő acélszál-károsító) hatása esetén alkalmazandó.
6) Az agresszív vízzel (talajvízzel, egyéb természetes vízzel, szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal) érintkező vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet betonját az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint akkor kell XD2 környezeti osztályba sorolni, ha az agresszív víz kloridtartalma Cl⁻ > 500 mg/liter. A talajvíz és természetes víz kloridiontartalmát az MSZ 18094-11:1979 szabvány szerint, a szennyvizek és egyéb agresszív vizek kloridiontartalmát az MSZ 260-6:1977 vagy az MSZ EN ISO 10304-1:2009 szabvány szerint kell meghatározni. Az XD2 környezeti osztályú betonokat újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.
7) Ha a beton, vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezetet olvasztósók és fagyási-olvasztási ciklusok hatása éri, akkor a betont az XD3 környezeti osztályon kívül az XF2, XF2(H), XF4 vagy XF4(H) környezeti osztályba is kell sorolni. Az XD3 környezeti osztályú betonokat újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.
8) A felületet függőlegesnek kell tekinteni, ha 5%-nál meredekebb. A fogalom az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 1 táblázatából származik.
9) A felületet vízszintesnek kell tekinteni, ha lejtése legfeljebb 5%. A fogalom az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 1 táblázatából származik.
10) Az XF1, XF3 és XF3(H) környezeti osztályú fagyálló betonok, illetve az XF2, XF2(H), XF4 és XF4(H) környezeti osztályú fagy- és olvasztósó-álló betonok a nyomószilárdsági és összetételi követelményeken kívül az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.5. szakasza alatti NAD 6. táblázat alapján meghatározandó fagyállóság, illetve fagy- és olvasztósó-állóság a NAD 7. – NAD 10. táblázat szerinti követelményének is feleljenek meg. Az XF2, XF3, XF4, XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályú betonok készítéséhez 4 mm alatti újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyagot használni nem szabad.
11) Az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztály esetén szilikaport csak akkor szabad a betonban alkalmazni, ha a cement/kötőanyag tényező értéke legfeljebb 0,37. Az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztály esetén a beton kötését lassítani adalékszerrel általában nem szabad. Ha a lassító és képlékenyítő vagy lassító és folyósító adalékszer együttes használatára kerül sor, akkor a megszilárdult beton légbuborékszerkezetét az MSZ EN 480-11:2006 szerint ellenőrizni kell, kivéve, ha az adalékszer kombinációk hatását a légbuborékrendszerre már igazolták.

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Légbuborékos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló betont 4 mm feletti újrahasznosított adalékanyaggal vagy visszanyert, tört adalékanyaggal készíteni általában csak akkor ajánlatos, ha az újrahasznosított adalékanyagot vagy a visszanyert, tört adalékanyagot légbuborékos betonból állították elő.

Az e-UT 07.02.11:2011 útügyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerkezet hidak teherhordó szerkezeteiben nem szabad alkalmazni, de tartószerkezetnek nem minősülő szerkezetek építéséhez a zárt rugalmas műanyagburokban lévő légbuborékok (mikrogömbök) alkalmazása – az építető és a kezelő írásbeli beleegyezése mellett – megengedett.

- ¹²⁾ Az MSZ 4798:2016 szabvány csak az XF3, illetve XF4 környezeti osztály esetén említi a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő betonfelületeket, mint amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz, illetve sós víz vagy a közlekedési felületről származó víz, illetve sós víz permete ér, pedig az XF2, valamint az XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályú, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő betonfelületeket is érheti a közlekedési felületről felfröccsenő víz, illetve sós víz vagy a közlekedési felületről származó víz, illetve sós víz permete.

- ¹³⁾ A természetes talaj és talajvíz, valamint a felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek kémiai korróziójának ellenálló betonokat a talaj, illetve a talajvíz és a felszíni természetes vizek kémiai jellemzői alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:206/2M:2018 szabvány szabvány 2. táblázata szerint kell az XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba sorolni.

- ¹⁴⁾ A talaj és a talajvíz, valamint a felszíni természetes víz kémiai összetételétől függően (MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata) alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos betonkorróziót okozhat. A kémiai korrózió jellegének megfelelő cement alkalmazására az MSZ 4799:2023 szabvány (2023-ig az MSZ 4798:2016 szabvány Q melléklete) tartalmaz ajánlást.

- ¹⁵⁾ A szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok kémiai korróziójának ellenálló betonokat az agresszív közeg kémiai jellemzői alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:206/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerint kell az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba sorolni.

Az agresszív vizek, folyadékok stb. a kémiai összetételtől függően (MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:206/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata) alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos betonkorróziót okozhatnak. A kémiai korrózió jellegének megfelelő cement alkalmazására az MSZ 4799:2023 szabvány (2023-ig az MSZ 4798:2016 szabvány Q melléklete) tartalmaz ajánlást.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban a légbuborékos beton alkalmazása kis vízfelszívása folytán kedvező lehet.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályú korrózióálló betonok a nyomószilárdsági és összetételi követelményeken kívül a vízzáróság követelményének is feleljenek meg; a vízbehatolás legnagyobb mélysége az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.3. szakasza szerint meghatározva az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint legfeljebb 20 mm lehet. Az adalékanyag szemmegoszlási görbéje célszerűen a B határgörbe alatt helyezkedjék el (MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezete).

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban betonnal szembeni követelményeket kielégítő összetétel meghatározásához a betontechnológiai szakvéleményben elő lehet írni például az áteresztőképességi, a korróziós közeg okozta

oldódási tömegveszteségi, hosszú idejű szulfátduzzadási, porozitási, pórusméret-eloszlási, stb. vizsgálatok szükségességét.

Mészke adalékanyaggal csak felületi védőréteggel ellátott XA4(H) és XA5(H) környezeti osztályú szerkezeti elem betonját szabad készíteni. XA6(H) környezeti osztályú betont mészke adalékanyaggal készíteni nem szabad.

Csapadékvizek miatt csak akkor kell XA4(H) környezeti osztályba sorolni a betont, ha az tartósan érintkezik a csapadékvizekkel (például esővíz tároló medence esetén).

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályú betonokat újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.

- ¹⁶⁾ II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legkisebb vagy legnagyobb cementtartalom alatt legkisebb, illetve legnagyobb hatékony kötőanyagtartalom értendő.

A cementtartalom, illetve a hatékony kötőanyagtartalom a portlandit-tartalom (Ca(OH)_2 -tartalom) korlátozása, illetve a beton savállósága érdekében a megkövetelt legkisebb értéket legfeljebb 5%-kal haladhatja meg. Ez a követelmény az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD F1. táblázatában félreérthető, ezért hangsúlyozni kell, hogy nem a legkisebb cement- vagy hatékony kötőanyagtartalom lehet a megadott értéknél legfeljebb 5%-kal több, hanem a legnagyobb cement- vagy hatékony kötőanyagtartalom lehet az előírt legkisebb cement- vagy hatékony kötőanyagtartalomnál legfeljebb 5%-kal több.

Ha a beton folyósító adalékszeres képlékenyíthetősége érdekében – megkönnyítve a transzportbeton építéshelyi bedolgozását a zsálatba – azt akarjuk, hogy a kiindulási friss beton 160 kg/m^3 vízigényű lehessen, akkor meg kell engedni, hogy a legnagyobb hatékony kötőanyagtartalom az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban a legkisebb hatékony kötőanyagtartalomnak 105%-a helyett rendre a 112%-a (358 kg/m^3), 114%-a (376 kg/m^3) és 116%-a (400 kg/m^3) lehessen.

- ¹⁷⁾ II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a megengedett legnagyobb víz-cement tényező alatt a megengedett legnagyobb víz-hatékony kötőanyag tényező értendő.

- ¹⁸⁾ Az XK5(H) környezeti osztály nem szabványos, az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány nem tartalmazza.

- ¹⁹⁾ Az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabvány szerint az XV1(H) környezeti osztályba (könyvünkben a jele: XV1(H)/V0 környezeti alosztály) sorolható a nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betonja, ha az MSZ EN ISO 15148:2003 szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója (water absorption coefficient): $W_{\text{wt}} \leq 2,0 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$.

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton nem vízzáró, ezért a szerkezeti elem vastagságának és a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés MSZ EN ISO 17892-11:2019 szerinti (Darcy-féle) vízáteresztő-képességének mértékétől, illetve az utóbbi időbeni változásától, valamint a vízszint nem várt emelkedésétől függően átnedvesedhet.

A falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm, a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés ajánlott MSZ EN ISO 17892-11:2019 szerinti vízáteresztési együtthatója legalább $k = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Az esetleges átnedvesedés ellen az építetű saját költségén belső (légtér felőli) víztaszító vakolattal védekezhet, például:

- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $W_{wt} \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$, akkor ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;
- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $0,5 < W_{wt} \leq 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{óra}^{1/2})$, akkor nyomatékkal ajánlott a beton belső (légtér felőli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;

Talajnedvesség és karbonátosodás együttes veszélye esetén a vasbeton- vagy feszített vasbetonszerkezet betonját a környezeti osztályba sorolás alkalmával az XV1(H)/V0 környezeti osztállyal és az XC környezeti osztályok valamelyikével társítani kell (például XC2 + XV1(H)/V0).

Az XV1(H)/V0 környezeti osztály – vasbeton vagy feszített vasbeton esetén az XC, fagyveszély esetén az XF stb. környezeti osztályok valamelyikével társítva – a földdel egy oldalon érintkező szerkezetek vízfelvételének korlátozására is alkalmas lehet (például támfal, útbeton, szegélyelem).

A karbonátosodás a vasalatlan betonszerkezetet (például vasalatlan útpályabeton) nem károsítja, de egyéb agresszív hatás (például fagy, szulfáttartalmú talajvíz, savas eső stb.) mind a vasalatlan, mind a vasalt betonszerkezet korrózióját okozhatja.

Megjegyzés: 2023-ig az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a talajban, nedves, de víznyomás nélküli környezetben lévő beton (könyvünk szerinti jele: V0-beton) – szigorúbb (beton esetén legfeljebb 6 tömeg%, vasbeton esetén legfeljebb 4 tömeg%, feszített vasbeton esetén legfeljebb 2 tömeg% vízfelvétel), de teljesíthető feltétellel (Erdélyi et. al., 2018) – az önálló XV0(H) környezeti osztályba tartozott.

Erdélyi Attila szerzőtársaival 2018-ban a következőket írta: „A fokozatos víztelítés az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint mérve négy próbatesten átlagosan 0,96 tömeg%-ra adódott. A térfogatós vízfelvétel a beton testsűrűségével ($2,4 \text{ kg}/\text{dm}^3$) számolva $2,4 \times 0,96 = 2,3$ térfogat%, amely igen kedvezően kis érték.” Ezt az eredményt Erdélyi Attila és szerzőtársai $280 \text{ kg}/\text{m}^3$ cement-tartalmú, $29 \text{ kg}/\text{m}^3$ metakaolin ($k = 1$) adagolású, $x_{eq} = 122/(280 + 29) = 0,395$ víz-kötőanyag tényezőjű, 16 mm legnagyobb szemnagyságú, Fuller-görbét követő homokos kavics adalékanyagú betonnal érték el.

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

²⁰⁾ A megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás

- vízzáró vasbeton szerkezet betonja esetén 35 mm, ezért a vízzáró vasbeton szerkezetet az XV2(H) vagy XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni;
- vízzáró feszített vasbeton szerkezet betonja esetén 20 mm, ezért a vízzáró feszített vasbeton szerkezetet az XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Vannak környezeti osztályok (például XD, XF, XK, XV), amelyekben a beton összetételi feltételein kívül a nyomószilárdsági osztály mellett a beton bizonyos előírt egyéb tulajdonságai is betartandók. Ha valamely összetételében meg nem felelő beton (például víz-cement tényezője a megengedettnél nagyobb) szóban forgó tulajdonsága a laboratóriumi vizsgálat

eredménye szerint megfelelő, akkor a beton, illetve a belőle készített betonelem megnevezésében utalhat az ezt kifejező vizsgálati jegyzőkönyvre³²⁵, de jelében ne viselje a betonszabvány vagy a termékszabvány jelzetét, mert a nem megfelelő összetételű beton egyébként elvárt 50 év használati élettartama nem valószínűsíthető.

A különböző környezeti osztályokban alkalmazandó, illetve tiltott cementfajtákra a nemzetek (például a németek, az osztrákok, a franciák, a svédek stb) betonszabványaikban ajánlásokat adnak, amelyeket követve, és az irodalmi közléseket és hazai tapasztalatokat is figyelembe véve az MSZ 4799:2023 szabványban (2023-ig az MSZ 4798:2016 szabvány Q mellékletében) és az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány F mellékletének (15) bekezdésében dolgoztak ki ajánlásokat a cementek, illetve kötőanyagok környezeti osztályok szerinti alkalmazására. Ezzel az új magyar betonszabványok jelentősen hozzájárulnak a cementeknek a beton tartóssága szempontjából, a környezeti hatásoknak megfelelően és a hazai szempontok mérlegelésével történő helyes kiválasztása fontosságának tudatosításához.

Az MSZ 4798:2016 szabványban – a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD F1. táblázatában sajnálatosan megkövetelt testsűrűségek helyett – előírták a betömörített friss beton megengedett levegőtartalmát (lásd e könyv 10.2. táblázatát) és a betömörített friss, légbuborékképzős fagyálló beton megkövetelt levegőtartalmát (lásd e könyv 10.3. táblázatát). A betömörített friss beton tényleges, tapasztalati levegőtartalmát az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerint méréssel, vagy az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.3. szakasza szerint számítással lehet meghatározni (lásd e könyv 19.1. fejezetét).

10.2. táblázat: A légbuborékképző adalékszer nélkül készített friss beton tervezett levegőtartalmának értéke a nyomószilárdsági osztály és a konzisztencia osztály függvényében (MSZ 4798:2016 szabvány NAD F2. táblázata)

A beton konzisztencia osztálya az MSZ 4798:2016 szabvány szerint				
Roskadási osztály	–	S1	S2, S3	S4, S5
Tömörítési osztály	C1	C2	C3	C4
Területi osztály	F1	F2	F3	F4, F5, F6
A beton konzisztenciája <i>Palotás – Balázs</i> (1980) és az ÉSZKMI 19:1977, MI-04.19:1981, MI-04.19:1985 műszaki irányelv szerint				
Konzisztencia	Földnedves	Kissé képlékeny	Képlékeny	Folyós

³²⁵ Sajnálatos, hogy a beton egyes tulajdonságai fokozatának az újabb szabványokban nincs jele, mert gyakorlatias lenne a vizsgálati jegyzőkönyv helyett ezekre utalni. Emlékeztetünk arra, hogy a visszavont MSZ 4719:1982 szabvány és a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás az f 25, f 50 és f 150 jelű fagyállósági fokozatot, a vz 2, vz 4, vz 6 és vz 8 jelű vízzárósági fokozatot és a k 16/24, k 14/21, k 12/18, k 10/15, k 8/12 és k 6/9 jelű kopásállósági fokozatot ismerte; a kiállott fagyasztási ciklusok száma, a barban kifejezett vizsgálati víznyomás, illetve a száraz és a vizes koptatási vizsgálatához tartozó, cm³-ben kifejezett térfogatveszteség alapján.

Szívesen vennénk, ha ma az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványra hivatkozva f1, f2, f3 és f4 jelű fagyállósági fokozatról, vz50, vz35 és vz20 jelű vízzárósági fokozatról és k14/21, k12/18, k10/15 és k8/12 jelű kopásállósági fokozatról beszélhetnénk a beton XF1, XF3-XF3(H) környezeti osztályok szerinti fagyállósági és XF2-XF2(H), XF4-XF4(H) környezeti osztályok szerinti fagy- és olvasztósó-állósági megfelelése, a vízbehatolás mm-ben kifejezett legnagyobb egyedi mélysége, illetve a száraz és a vizes koptatási vizsgálatához tartozó, cm³-ben kifejezett térfogatveszteség alapján.

A beton nyomószilárdsági osztálya	Friss, bedolgozott beton tervezett levegőtartalma, legfeljebb, térfogat% (MSZ 4798:2016)			
C8/10	5,0	4,0	3,0	2,0
C12/15	4,0	3,0	2,0	1,5
C16/20	3,5	2,5	1,5	1,0
C20/25	3,0	2,0	1,0	1,0
C25/30	2,0	1,5	1,0	1,0
C30/37	1,5	1,0	1,0	1,0
C35/45 – C10/115	1,0	1,0	1,0	1,0

Megjegyzés:

- A betömörített friss beton tényleges, tapasztalati levegőtartalmát (légpórustartalmát) méréssel (MSZ EN 12350-7:2009) vagy számítással lehet meghatározni az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.3. szakasza, illetve *e könyv 19.1. fejezete* szerint.
- Az egyedi levegőtartalom vizsgálati eredményének megengedett legnagyobb eltérése az előírt felső határértéktől +1,5 térfogat%.
- Zúzottkőbeton esetén a friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályt – 25%-kal nagyobb (például 2,0 térfogat% helyett 2,5 térfogat%) lehet.
- Ha a beton újrahasznosított adalékanyaggal készül, akkor a friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél 25%-kal nagyobb (például 2,0 térfogat% helyett 2,5 térfogat%) lehet.
- A friss beton tervezett levegőtartalma feszített vasbeton esetén a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 20%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,6 térfogat%) legyen.
- 100 év tervezési élettartamú beton esetén a friss beton tervezett levegőtartalma az MSZ 4798:2016 szabvány NAD F2. táblázatában szereplő értéknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 20%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,6 térfogat%) legyen.
- Ha a 100 év tervezési élettartamú beton feszített vasbeton, akkor a friss beton tervezett levegőtartalma az MSZ 4798:2016 szabvány NAD F2. táblázatában szereplő értéknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 30%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,4 térfogat%) legyen.
- Több körülmény egyidejűsége esetén – ha a beton nem légbuborékképző adalékszerrel készül – a friss beton tervezett levegőtartalmának átlaga tekinthető követelménynek.
- Ha a beton különböző tulajdonságainak javítására (kivérzés csökkentése, konzisztencia, szivattyúzhatóság és bedolgozhatóság stb.) légbuborékképző adalékszer alkalmaznak, akkor a friss beton összes átlagos levegőtartalma a *10.3. táblázatnak* feleljen meg.

A *10.2. táblázat* forrásaként az ÉSZKMI 19:1977 műszaki irányelv jelölhető meg, de a táblázat megtalálható a korabeli irodalomban is (*Palotás – Balázs*, 1980). A *10.3. táblázat* az ÖNORM B 4710-1:2007 osztrák szabványból került az MSZ 4798:2016 szabványba, de ugyanez a táblázat szerepel a tíz évvel későbbi, mai ÖNORM B 4710-1:2018 szabványban is.

A *10.2. és 10.3. táblázattal* kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy minden 1,0 térfogat% többlet levegőtartalom általában 10% nyomószilárdság csökkenést okoz, de a többlet levegőtartalom csökkenti a húzószilárdságot és a rugalmassági modulust is, következésképpen növeli az alakváltozásokat és a vasbeton repedéstágasságát.

A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton levegőtartalmának felső korlátjára (*10.3. táblázat*) azért van szükség, mert szokványos (normál) beton esetén minden

1,0 térfogat% többlet levegőtartalom mintegy (22-24) kg/m³ friss beton testsűrűség csökkenéssel jár, és ennek nyomószilárdság csökkenés a vonzata. Az egyébként megengedett - 30 kg/m³ testsűrűség tűrés szokványos beton esetén mintegy a (1,35-1,25) térfogat% többlet levegőtartalomnak felel meg,

Az MSZ EN 206-1:2013+A1:2017 európai szabvány felfogása szerint a légbuborékos friss beton előírt levegőtartalma elegendő a fagyállósághoz, mert a megszilárdult beton légbuboréktartalmára előírást nem tartalmaz. Feltételezhető, hogy alkalmassági engedéllyel rendelkező légbuborékképző adalékszerrel, a javasolt adagolással, adott cementfajta és szakszerű betontechnológia mellett elegendő számú, megfelelő méretű és távolsági tényezőjű légbuborék szerkezet jön létre.

10.3. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton előírt összes, átlagos levegőtartalmának (légpórus + légbuborék) értéke az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának a függvényében (MSZ 4798:2016 szabvány NAD F3. táblázata)

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Legnagyobb szemmagyság mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), térfogat%	
8 és 12	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
24 és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
Megjegyzés: - A légbuborékképző adalékszerrel tartalmazó friss beton összes levegőtartalma egyedi vizsgálati eredményének megengedett legnagyobb eltérése az előírt alsó határértéktől -0,5 térfogat% és az előírt felső határértéktől +1,5 térfogat%. - Az XF4 környezeti osztályú kopásálló betonok esetén a friss beton levegőtartalmának alsó határértéke 0,5 térfogatszázalékkal csökkenthető, de a betonok a fagy- és olvasztósó-állósági követelményeknek feleljenek meg. - A légbuborékképző adalékszer nyomószilárdság-csökkentő hatására tekintettel a beton nyomószilárdságát a friss beton levegőtartalma határértékének a megengedett +1,5 térfogat% eltéréssel növelt értékére kell megtervezni.		

A betonok környezeti osztályainak legfontosabb jellemzőit két oldalra sűrítve a 10.4. táblázatban foglaltuk össze.

Az MSZ EN 13369:2024 szabványban a környezeti osztályokat másképp csoportosítják, amely csoportosítás a az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatában is látható, és amelyek alapján a 10.4. táblázatunkat elkészítettük.

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 5.4.3 szakasza szerint a *friss betonban* az XF2 és XF3 környezeti osztályban az összes levegőtartalomnak legalább 2,5 térfogat%-nak kell, és legfeljebb 5,0 térfogat%-nak szabad lennie, hacsak a kezdeti, illetve a megfelelés vagy azonosító vizsgálat során meg nem győződtek arról, hogy a betonra vonatkozó valamennyi követelmény nagyobb levegőtartalom esetén is betartható. Megfelelés vagy azonosító vizsgálat a *friss betonban* legfeljebb 8,0 térfogat% összes levegőtartalom igazolható. Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10 táblázatában a légbuborékképző adalékszerrel készített, XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú friss beton megkövetelt és megengedett összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborék)

értékét a friss cementpépben és a friss betonban, illetve péptelített friss betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának függvényében írták elő (10.5. táblázat).

10.4. táblázat: A beton környezeti osztályainak áttekintő táblázata ¹⁾ (XS környezeti osztályok nélkül)

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ , MSZ 4798 táblázata
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek				
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt betont				
XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció				
Káros környezeti hatás nem éri a betont				
X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
Például: Alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges földmébéléstest, üreges válaszfal, üreges szaluzóelem, kétrétegű járdalap hátfal, kétrétegű útburkolóelem, hátfal, üreges pince-falazóelem, belső főfal, üreges főfal-falazóelem, belső főfal tömör főfal-falazóelem				
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek				
Karbonátosodásnak kivül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont				
X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbeton, vasalt térfataroló beton				
Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek				
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton				
XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok				
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton				
XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
Például: Épületalap, támfal, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja				
Mérsékelt nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton				
XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
Például: Fürdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja				
Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitett beton				
XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
Például: Szárnyfal, pincefal, fűtő cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betonja				
Nem tengervízből származó kloridoknak ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek				
Mérsékelt nedves helyen, levegőben lévő kloridokkal (sóparával) érintkező, de olvasztósókkal nem érintkező beton				
XD1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Vegyipari üzem szerkezete, szabadban lévő szerkezet vegyipari üzem környezetében, sópince és környezete				
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridokkal érintkező, de olvasztósókkal nem érintkező beton				
XD2	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Például: Alépítmény, szárnyfal, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, klorid-tartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek, ha az agresszív víz klorid-tartalma Cl ⁻ > 500 mg/liter				
Váltakozva nedves és száraz helyen, olvasztósók permetével, sólével érintkező beton ⁴⁾				
XD3	C35/45	320	0,45	NAD F2.
Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betonja				

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ , MSZ 4798 táblázata
Függőleges felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁵⁾				
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagynak kitétt, olvasztósózás nélküli fagyálló beton				
XF1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton.				
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek				
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, fagynak és olvasztósók permetének kitétt fagyálló beton				
XF2	C25/30	300	0,55	NAD F3.
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ⁶⁾				
Például: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
XF2(H)	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton.				
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
Alkalmazása út- és repülőtéri burkolati elemek esetén tilos!				
Vízszintes felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁵⁾				
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagynak kitétt, olvasztósózás nélküli fagyálló beton				
XF3	C30/37	320	0,50	NAD F3.
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ⁶⁾				
Például: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
XF3(H)	C40/50	340	0,45	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton.				
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!				
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, fagynak és olvasztósóknak közvetlenül kitétt fagyálló beton				
XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3.
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. ⁶⁾				
Például: Útpályabetonok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
XF4(H)	C40/50	360	0,40	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton.				
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!				

A 10.4. táblázat folytatódik

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Talajvíz és talaj (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos) kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁷⁾				
Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton				
XA1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocsölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szkevények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Mérsékeltén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton				
XA2	C30/37	320	0,50	NAD F2.
Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocsölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szkevények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Nagymértékben agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton				
XA3	C35/45	360	0,45	NAD F2.
Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocsölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szkevények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁸⁾				
Közcatornába bocsátható, enyhén agresszív szennyvizek, valamint egyéb enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok				
XA4(H)	C30/37	320 ⁹⁾	0,45 ¹⁰⁾	NAD F2.
Például: Szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyak, enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíz (esővíz) tároló műtárgyak stb. betonja				
Közcatornába bocsátható, közepesen agresszív szennyvizek, valamint egyéb közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok				
A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét ajánlott védőréteggel bevonni!				
XA5(H)	C30/37	330 ⁹⁾	0,43 ¹⁰⁾	NAD F2.
Például: Szennyvíztisztító telepek elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyainak betonja, közcatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők, és szennyvíziszap kezelési műtárgyak betonja, valamint közepesen agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja				
Közcatornába nem bocsátható, fokozottan agresszív szennyvizek, valamint egyéb fokozottan agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok				
A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét védőréteggel kell bevonni!				
XA6(H)	C35/45	345 ⁹⁾	0,40 ¹⁰⁾	NAD F2.
Például: Közcatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja, valamint fokozottan agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állatetető vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsis mosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja				
¹⁾ E táblázat alkalmazása az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint kötelező.				
²⁾ Vasbetont csak legalább C20/25, feszített vasbetont csak legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból szabad készíteni (MSZ 4798:2016 és MSZ EN 13369:2013). Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az Eurocode 2, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezik és határozzák meg, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC ₃₀ (H) kisírójelet.				
³⁾ A friss beton levegőtartalmát feszített vasbeton esetén az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3. táblázatban szereplő értékeknél 0,5 törfogat%-kal				

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ¹¹⁾				
Mérsékeltén kopásálló, k14/21 jelű kavics- vagy zúzottkőbeton				
XK1(H)	C30/37	310	0,50	NAD F2.
Például: Silók, bunkerek, tartályok könnyű anyagok tárolására, garázspadozatok, lépcsők, járólapok, kopásálló réteggel ellátott ipari padlóburkolatok kopásálló réteg nélkül				
Kopásálló, k12/18 jelű zúzottkőbeton				
XK2(H)	C35/45	330	0,45	NAD F2.
Például: Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező betonok, egyrétegű járdalapok és monolit járdák, kétrétegű járdalapok kopórétege, közönséges útszegélyelemek, beton és vasbeton lépcsők, aknafedlapok				
Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű zúzottkőbeton				
XK3(H)	C40/50	350	0,40	NAD F2.
Például: Egyrétegű útburkolóelemek, kétrétegű útburkolóelemek kopórétege, kopásálló útszegélyelemek, útpályaburkolatok, repülőterei fel(le)szállópályák és gördülő utak, konténer átrakó állomások térburkolata				
Igen kopásálló, k8/12 jelű zúzottkőbeton				
XK4(H)	C45/55	370	0,38	NAD F2.
Például: Nehéz és hernyótalpas járművek járta térburkolatok, kopóréteg nélküli ipari padlóburkolatok				
Nedvességálló, illetve vízzáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek				
Csak légköri nyomáson lévő nedvességálló (nem vízzáró) beton ¹²⁾				
XV0(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
Például: Talajvízszint feletti föld alatti szerkezetek, vagy vízelvezéssel tartósan víztelenített környezetű szerkezetek				
Mérsékeltén vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 50 mm mélyen hatol be ¹³⁾				
XV1(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalap, áteresz, folyóka, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelem, rézsűburkolat, víztároló medencék, záportárolók, esővízgyűjtő aknák				
Közepesen vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 35 mm mélyen hatol be ¹³⁾				
XV2(H)	C30/37	300	0,50	NAD F2.
Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek				
Fokozottan vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 20 mm mélyen hatol be ¹³⁾				
XV3(H)	C30/37	300	0,45	NAD F2.
Például: Mélygarázsok, mélyraktárak, alagutak külső határoló szerkezete, vízépítési műtárgyak				
legyen kisebb. Ha a beton újrahasznosított adalékanyaggal készül, akkor a friss beton levegőtartalmát az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3. táblázatban szereplő értékeknél 0,5 törfogat%-kal nagyobb lehet.				
⁴⁾ Fagyhatás esetén a betont az XD3 környezeti osztályon kívül az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe is be kell sorolni.				
⁵⁾ A felületet függőlegesnek kell tekinteni, ha 5%-nál meredekebb; és vízszintesnek, ha lejtése legfeljebb 5%.				
⁶⁾ A fagy- és olvasztósó-állóság követelmények az MSZ 4798:2015 szabvány 5.5.5. szakasza szerinti.				
⁷⁾ Az e-UT 07.02.11.2011 útgyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerkezet alkalmazása közötti hidak teherhordó szerkezetében nem megengedett.				
⁸⁾ A beton környezeti osztályba sorolásához az agresszív talajvíz és talaj kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában találhatók.				
⁹⁾ A beton környezeti osztályba sorolásához az egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázatában találhatók. Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolás 20 mm lehet.				
¹⁰⁾ II típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legnagyobb víz-cement tényező alatt legnagyobb víz-(hatékony kötőanyag) tényező értendő.				
¹¹⁾ A kopásállóságot az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti Böhme-féle vizsgálatnál az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.6. szakaszában leírtaknak megfelelően kell meghatározni.				
¹²⁾ A beton MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány által módosított MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerinti vízfelvétele betonszerkezet esetén $\leq 6,0$ tömeg%, vasbetonszerkezet esetén $\leq 4,0$ tömeg%, feszített vasbeton szerkezet esetén $\leq 2,0$ tömeg% legyen.				
¹³⁾ A vízzáróságot az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint kell meghatározni.				

10.5. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton összes levegőtartalma az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 10 táblázatában

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Legnagyobb szemmagyság, mm (Zárójelben az MSZ 4798:2016 szabványnak megfelelő D_{max} érték)	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), térfogat%	
4	4,0 – 6,0	7,0 – 11,0
8 és 11 (12)	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
22 (24) és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
	A friss kötőanyagpép összes (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), átlagos levegőtartalma legalább, térfogat%	
	9,0	13,0

A DIN 1045-2:2008 szabvány F.2.2 táblázata szerint az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú friss beton átlagos levegőtartalma a bedolgozás módjától függetlenül a legnagyobb szemmagyság és a konzisztencia függvényében a 10.6. táblázat szerinti legyen.

10.6. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton összes levegőtartalma a DIN 1045-2:2008 szabvány F.2.2 táblázata szerint

Legnagyobb szemmagyság, mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), legalább, térfogat% ¹⁾	
	Földnedves ²⁾ , kissé képlékeny, képlékeny	Folyós ³⁾
	konzisztencia esetén	
8	5,5	6,5
16	4,5	5,5
32	4,0	5,0
63	3,5	4,5
Megjegyzés:		
¹⁾ Az egyes értékek legfeljebb 0,5 térfogat%-kal lehetnek kisebbek az előírt értéknél.		
²⁾ A legfeljebb 0,4 víz-cement tényezőjű földnedves beton légbuborékképző adalékszer nélkül is elkészíthető.		
³⁾ Folyós légbuborékképzős beton készítése és bedolgozása az FGSV-Merkblatt für Luftporenbeton (2004) műszaki útmutató figyelembevételével történjék.		

Svájcban a SIA 262/1:2019, SIA 262/1-C2:2016 műszaki előírásban és az SN EN 206+A1:2016 szabványban a környezeti osztályok függvényében

- korlátozták a betonok vízvezetőképességét,
- előírták a karbonátosodás megengedett sebességét;
- az XD2 környezeti osztályt két alosztályra osztották: az XD2a(CH) környezeti osztályba a legfeljebb 500 mg/liter kloridtartalmú „édes vizekkel” érintkező betonokat (például a legtöbb uszoda betonja), az XD2b(CH) környezeti osztályba a több mint 500 mg/liter kloridtartalmú „sós vizekkel” érintkező betonokat (például a sós fürdők

- betonja) kell sorolni, és megadták az XD2b(CH) környezeti osztályban betartandó klorid-diffúziós együttható megengedett mértékét;
- előírták a fagy- és olvasztósó-álló betonok hámlási veszteségének megengedett mértékét;
 - a fokozottan fagy- és olvasztósó-álló betonokra előírták, hogy bizonyos esetekben meg kell vizsgálni a fagyasztási görbe irányának jellegét, és meghatározták a fagyasztási görbe lassulási feltételét;
 - rendelkeztek a próbatestek szulfát-hatásra bekövetkező hosszváltozásának megengedett mértékéről;
 - előírták, hogy mekkora lehet a karbonátosodás sebessége az 50 év és a 100 év tervezési élettartamú beton esetén.

Ezeket a svájci előírásokat a 10.7. táblázatban foglaltuk össze.

10.7. táblázat: Svájci követelmények a környezeti osztályokban, egybeszerkesztve a SIA 262/1:2019 műszaki előírásból és az SN EN 206+A1:2016 szabványból

Hivatkozás	A határértékek forrása az SN EN 206+A1:2016 szabvány NA.9. táblázata	Az irányértékek forrása az SN EN 13670:2009 szabvány NA.4. táblázata
Tulajdonságok és vizsgálati módszer	Határérték	Irányérték
	Vizsgálat 28 napos korú	
	formában készült próbatesteken (TT-1 vizsgálatfajta)	kifűrt magmintából kialakított próbatesteken (TT-2 vizsgálatfajta)
Vízvezetőképesség, q_w , g/(m ² óra) Vízáró beton esetén általában nem vizsgálandó. Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás A melléklete	Vizsgálat az XC3(CH), XC4(CH) és XD1(CH) környezeti osztályban	
	átlag ≤ 10 átlag + tűrés ≤ 12	átlag ≤ 12
Tényleg most is ebben a mellékletben van???	Vasbeton szerkezetek helyszíni vizsgálata az XC4(CH), XD1(CH), XD2a(CH), XF1(CH), XF2(CH) és XF4(CH) környezeti osztályban, legfeljebb $x = 0,50$ víz-cement tényező esetén	
	átlag $\leq 2 \times 10^{-16}$	
	Vasbeton szerkezetek helyszíni vizsgálata az XC4(CH), XD2b(CH), XD3(CH), XF2(CH) és XF4(CH) környezeti osztályban, legfeljebb $x = 0,45$ víz-cement tényező esetén	
	átlag $\leq 0,5 \times 10^{-16}$	
	átlag $\leq 10 \times 10^{-12}$ átlag + tűrés $\leq 13 \times 10^{-12}$	átlag $\leq 12 \times 10^{-12}$
Légáteresztőképességi együttható (hidrodinamikai permeabilitási együttható gázokra), K_{Ts} , m ² Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás E melléklete Irodalom: Jakobs et al. (2009)		

A 10.7. táblázat folytatódik

A 10.7. táblázat folytatása

Hivatkozás		A határértékek forrása az SN EN 206+A1:2016 szabvány NA.9. táblázata	Az irányértékek forrása az SN EN 13670:2009 szabvány NA.4. táblázata
Tulajdonságok és vizsgálati módszer		Határérték	Irányérték
		Vizsgálat 28 napos korú	
		formában készült próbatesteken (TT-1 vizsgálatfajta)	kifűrt magmintából kialakított próbatesteken (TT-2 vizsgálatfajta)
Klorid-diffúziós együttható, D_{Cl} , D_{nss} m ² /s Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás B melléklete		Vizsgálat az XD2b(CH) és XD3(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 10 \times 10^{-12}$ átlag + tűrés $\leq 13 \times 10^{-12}$	átlag $\leq 12 \times 10^{-12}$
Fagyasztási veszteség, m , g/m ² Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás C melléklete	Fokozott fagyállóság	Vizsgálat az XF4(CH) környezeti osztályban	
		átlag ≤ 200 vagy átlag ≤ 600 és $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$ átlag + tűrés ≤ 250 vagy átlag + tűrés ≤ 800 és $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$	átlag ≤ 300 vagy átlag ≤ 800 és $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
	Közepes fagyállóság	Vizsgálat az XF2(CH) és XF3(CH) környezeti osztályban	
		átlag ≤ 1200 átlag + tűrés ≤ 1800	átlag ≤ 1500
Szulfátállóság. Hosszváltozás, Δl_s , ‰ Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás D melléklete		Vizsgálat az XA1(CH), XA2(CH) és XA3(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 1,0$	átlag $\leq 1,0$
Karbonátosodási sebesség, karbonátosodási együttható, K_N , K_{AC} mm/ $\sqrt{\text{év}}$ Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás I melléklete	50 év tervezési élettartam	Vizsgálat az XC3(CH), XC4(CH), XD1(CH), XD2a(CH) és XF1(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 5,0$ átlag + tűrés $\leq 5,5$	átlag $\leq 5,3$
	100 év tervezési élettartam	Vizsgálat feltehetőleg az XC3(CH), XD1(CH), XF1(CH) környezeti osztályban (az osztályra bontást a svájci szabványokban nem adták meg)	
		átlag $\leq 4,0$	átlag $\leq 4,3$
		Vizsgálat feltehetőleg az XC4(CH) és XD2a(CH) környezeti osztályban (az osztályra bontást a svájci szabványokban nem adták meg)	
		átlag $\leq 4,5$	átlag $\leq 4,8$

A 10.7. táblázattal kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy bár az ion-áramlási jellemzők értékét a Model Code 1990 és Model Code 2010 szerint a beton minőségéből, illetve nyomószilárdságából becsüljük meg, azok hatása az ion-áramlásra korlátozott. Az ugyanolyan nyomószilárdságú, különböző összetételű betonok ion-áramlási jellemzőinek értékei akár egy nagyságrenddel is eltérhetnek egymástól, illetve mintegy 40 N/mm² értékkel eltérő nyomószilárdságú betonok is rendelkezhetnek ugyanakkora diffúziós vagy permeabilitási együtthatóval. Ez a főképp kötőanyag-választás befolyásolta pórusszerkezettel magyarázható, amelynek sokkal nagyobb hatása van az ion-áramlásra, mint a nyomószilárdságra. Ezért nem

lehet a beton használati élettartamát sem a nyomószilárdsági osztályból megtervezni, és ezért lenne jó, ha a beton szövetszerkezeti tulajdonságait már a tervezés során ismernénk, és a mért ion-áramlási együtthatókat a tervezési élettartam során figyelembe vennénk (Müller – Wiens, 2016), illetve a diffúziós és permeabilitási együtthatók értékét – amelyek a szövetszerkezet időbeni változása folytán nem is állandók – előírnánk.

Ez az oka annak, hogy 2020. évben a CEN az EN 1992 és EN 206 szabványok módosításával, a tartósság fokozása érdekében, a környezeti osztályok új rendszerét tervezi bevezetni (CEN/TC 250:2013). A klorid-diffúzió kutatásának – XD és XS környezeti osztályokat érintő – újabb eredményei a *fib* Bulletin No. 76. 2015. számából ismerhetők meg.

Az előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek MSZ EN 13369:2024 szabványának A mellékletében a környezeti osztályokat környezeti hatások erőssége szerint csoportosították, és a vasbeton és feszített vasbeton előregyártott elemek szükséges $c_{min,dur}$ legkisebb betonfedését ezek függvényében adták meg (lásd e könyv 6.7. táblázatát). Ezeket a környezeti feltételi csoportokat az MSZ EN 13369:2024 szabványból hiányzó környezeti osztályokkal kibővítve tartalmazza az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázata, amelyet az XV(H) környezeti osztályok helyét – figyelembe véve a víznyomás és vízzáróssági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét – megváltoztatva mutatunk be e könyv 10.8. táblázatában.

10.8. táblázat: Környezeti hatások erőssége előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek esetén az MSZ EN 13369:2024, MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok alapján (az XV(H) vízzáróssági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (Környezeti feltételek)	Környezeti hatások erőssége (Agresszivitás)	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban <i>szereplő</i> környezeti osztályok	
		MSZ EN 13369:2024 szabványban <i>szereplő</i> környezeti osztályok	MSZ EN 13369:2024 szabványban <i>nem szereplő</i> környezeti osztályok
(Zárójelben az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatában használt kifejezés)			
A	nincs	X0	XN(H), X0b(H), X0v(H)
B	kicsi	XC1	–
C	mérsékelt	XC2, XC3	XV1(H)/V0 , XV1(H)
D	normál	XC4	XF1, XV2(H)
E	nagy	XD1, XS1	XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)
F	nagyon nagy	XD2, XS2	XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)
G	rendkívül (extrém) nagy	XD3, XS3	XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)
H	legeslegnagyobb (különösen extrém)	–	XA6(H), XK4(H)
Megjegyzés:			

- 1) E táblázat annyiban különbözik az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatától, hogy helyet kapott benne az XV1(H)/V0 és XV1(H) környezeti osztály, az XV2(H) környezeti osztály pedig a környezeti hatások erősségének G sorából a D sorba és az XV3(H) környezeti osztály a környezeti hatások erősségének D sorából az E sorba került, figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét (lásd a 10.1. táblázatot és az MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázatát, valamint az XV1(H)/V0 környezeti osztályra vonatkozólag az MSZ 4798:2016/4M:2023 szabványt).
- 2) XV1(H) környezeti osztályú betonból előregyártott vasbeton és feszített vasbetonelemet készíteni nem szabad.
- 3) XV2(H) környezeti osztályú betonból előregyártott feszített vasbetonelemet készíteni nem szabad.
- 4) A kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett készített előregyártott vasbetonelemek szükséges legkisebb tartóssági betonfedése ($c_{\min, \text{dur}}$) a 6.7. táblázatban található.

Összegezve: A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága érdekében a betont az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok szerint környezeti osztályokba kell sorolni, és a beton összetételét úgy kell megtervezni, hogy a környezeti osztályokhoz tartozó követelményeknek megfeleljen.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 európai szabványban található környezeti osztályok: X0, XC1 – XC4, XS1 – XS3, XD1 – SD3, XF1 – XF4, XA1 – XA3, amelyek számát az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány bővítette: XN(H), X0b(H), X0v(H), XF2(H), XF3(H), XF4(H), XA4(H), XA5(H), XA6(H), XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H), XV1(H)/V0, XV1(H), XV2(H), XV3(H).

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány F melléklete az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványbeli módosításokkal együtt előírás, tehát az ezekben foglaltak betartása kötelező.

A betont alapvetően az MSZ 4798:2016 szabvány F melléklete szerint, de az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban található módosítások figyelembevételével kell környezeti osztályba sorolni. A besorolás szempontjait a beton vagy acélbetét-korróziót okozható környezeti hatások, mint például a nedvesség és megjelenési formái, a hőmérséklet, a betonnal érintkező levegő vagy víz vagy más folyadék kémiai összetétele képezik.

A környezeti osztályok követelményei egyrészt a beton összetételére, nevezetesen a megengedett legnagyobb víz-cement vagy víz-hatékony kötőanyag tényezőre, a megengedett legkisebb – oldódásos betonkorrózió veszélye esetén a legkisebb és legnagyobb – cement- vagy hatékony kötőanyagtartalomra, a levegőtartalomra, esetenként a beton összetevőinek tulajdonágaira (például a cement fajtájára), másrészt a beton tulajdonságaira, mint a nyomószilárdsági osztályra, a megengedett kloridtartalomra vagy esetenként a fagyállóságra, illetve a fagy- és olvasztósó-állóságra, a légbuborékszerkezetre, a kopásállóságra, a vízzáróságra, a vízfelvétele vonatkoznak.

10.2. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK TÁRSÍTÁSA

Az MSZ 4798:2016 szabvány F mellékletének (23) bekezdése szerint, ha a betont többféle környezeti hatás éri, akkor e hatásokat a környezeti osztályok kombinációjaként kell kifejezni. Ebben az esetben általában olyan betont kell tervezni és készíteni, amelynek összetétele és tulajdonságai a szóban forgó, társított környezeti osztályok mindegyikének követelményét kielégíti. E szabály alól kivételt képez a légbuborékképző adalékszerrel készített fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok társított környezeti osztályának, valamint az agresszív vizek és folyadékok okozta oldódásos betonkorroziónak ellenálló betonok társított környezeti osztályának megtervezése, amelyet e különleges betontulajdonságok – nevezetesen a fagyállóság, illetve a kémiai ellenállóképesség – érvényre juttatásával kell végezni.

Ha a környezeti hatások egyike fagy-, illetve fagy- és olvasztósó hatás, és a beton légbuborékképző adalékszerrel készül, akkor a friss beton átlagos levegőtartalma a fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton XF2, XF3, XF4 környezeti osztályban előírt összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) feleljen meg.

Ha a betont más hatások mellett a szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok valamelyikének korrozív hatása is éri, akkor a cementfajta és a legkisebb cementtartalom a szóban forgó XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályra előírt cementfajta és legkisebb cementtartalomnak feleljen meg, amely esetben a cementfajta, illetve cementtartalom alatt kötőanyag-fajta, illetve kötőanyagtartalom értendő.

Például:

- valamely esőnek és fagynak kitett, olvasztósózás nélküli, agresszív talajvízzel érintkező vasbeton támfal légbuborékképző adalékszer nélkül, szulfátálló cementtel készülő betonjának környezeti osztály csoportja a hatások összegzésével: XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H). A beton szükséges nyomószilárdsági osztálya legalább C30/37, cementtartalma legalább 320 kg/m³, víz-cement tényezője legfeljebb 0,5, konzisztencia osztálya S2, a bedolgozott friss beton levegőtartalma legfeljebb 1,0 térfogat% legyen (10.9. táblázat a) példája);
- valamely kopásálló (k12/18 jelű) és egyidejűleg fagynak és olvasztósók hatásának kitett, légbuborékképzővel készülő zúzottkőbeton szegélyelem társított környezeti osztálya a kopásállóság, a vízfelvétel és a fagyállóság feltételének összegzésével: XK2(H) – XV1(H)/V0 – XF4. A szükséges nyomószilárdsági osztály legalább C35/45, cementtartalma legalább 340 kg/m³, víz-cement tényezője legfeljebb 0,45, konzisztencia osztálya S1, a bedolgozott friss beton összes levegőtartalma legalább 4,0 térfogat%, de legfeljebb 8,0 térfogat% legyen; feltéve, hogy a zúzottkő-adalékanyag legnagyobb szemnagysága 24 mm vagy 32 mm. A beton MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány által módosított MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerinti megengedett vízfelvétele legfeljebb 6,0 tömeg% (10.9. táblázat b) példája);
- valamely nagymértékben agresszív talajban fekvő, közepesen agresszív szennyvizet szállító vasbeton csatorna korrózióálló betonjának társított környezeti osztálya: XC2 – XA3 – XA5(H). A beton szükséges nyomószilárdsági osztálya legalább C30/37, hatékony kötőanyagtartalma legalább 330 kg/m³, de legfeljebb 345 kg/m³, víz-(hatékony kötőanyag) tényezője legfeljebb 0,43, konzisztencia osztálya S1, a bedolgozott friss beton levegőtartalma legfeljebb 1,0 térfogat% legyen. Az XA5(H)

környezeti osztályú beton MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolása 20 mm lehet (10.9. táblázat c) példája).

10.9. táblázat: Példák a környezeti osztályok társítására (kombinációjára) az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány F melléklete alapján

Környezeti osztály	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-, illetve hatékony kötőanyag-tartalma, kg/m ³	Beton víz-cement, illetve víz-hatékony kötőanyag tényezője, legfeljebb	Friss beton átlagos összes levegő-tartalma, térfogat%
a) példa: XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H) környezeti osztályú vasbeton támfal fagy- és olvasztósóálló, a talajvíz korrozív hatásának ellenálló, talajvíznyomásálló kavicsbetonja				
XC4	C30/37	≥ 300	0,50	10.2. táblázat szerint legfeljebb 1,0 térfogat%
XF1	C30/37	≥ 300	0,55	
XA2	C30/37	≥ 320	0,50	
XV1(H)	C25/30	≥ 300	0,55	
XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H)	C30/37	≥ 320	0,50	
b) példa: XF4 – XK2(H) – XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton útszegélyelem fagy- és olvasztósó-, valamint kopásálló zúzottkőbetonja				
XK2(H)	C35/45	≥ 330	0,45	10.2. táblázat szerint legfeljebb 1,0 térfogat%
XV1(H)/V0	C25/30	≥ 300	0,55	
XF4	C30/37	≥ 340	0,45	10.3. táblázat szerint 4,0 – 8,0 térfogat%
XF4 – XK2(H) – XV1(H)/V0	C35/45	≥ 340	0,45	
c) példa: XC2 – XA2 – XA5(H) környezeti osztályú vasbeton csatorna korrózióálló betonja				
XC2	C25/30	≥ 280	0,60	10.2. táblázat szerint legfeljebb 1,0 térfogat%
XA3	C35/45	≥ 360	0,45	
XA5(H)	C30/37	330 - 345	0,43	
XC2 – XA3 – XA5(H)	C30/37	330 - 345	0,43	

Összegezve: Ha a betont élettartama során várhatóan többféle környezeti hatás éri, akkor a betont olyan szilárdságúra, és akkora víz-cement tényezővel (vagy víz-hatékony kötőanyag tényezővel), cementtartalommal (vagy hatékony kötőanyagtartalommal) és levegőtartalommal kell elkészíteni, hogy az a szóban forgó környezeti osztályok mindegyike követelményének megfeleljen.

Az ilyen beton nyomószilárdsági osztálya

- a társított környezeti osztályokban előírt nyomószilárdsági osztályok legnagyobbika,
- megengedett legkisebb cementtartalma a társított környezeti osztályokban megengedett legkisebb cementtartalmak legnagyobbika,
- megengedett legnagyobb víz-cement tényezője a társított környezeti osztályokban megengedett legnagyobb víz-cement tényezők legkisebbike,
- a friss beton megengedett legnagyobb levegőtartalma pedig a társított környezeti osztályokban megengedett legnagyobb levegőtartalmak legkisebbike,

ahol II. típusú aktív kiegészítőanyag adagolás esetén cementtartalom alatt hatékony kötőanyagtartalom és víz-cement tényező alatt víz-hatékony kötőanyag tényező értendő.

A fenti szabály a társított környezeti osztályú légbuborékos betonokra és a társított környezeti osztályú oldódásos betonkorrozio veszélyének kitett betonokra nem alkalmazható. Ennek az az oka, hogy

- légbuborékos betonok esetén a levegőtartalom nem a megengedett legnagyobb, hanem a megkövetelt legkisebb érték követelményének, és
- oldódásos betonkorrozio veszélyének kitett betonok esetén a cementtartalom, illetve a hatékony kötőanyagtartalom nem csak a megkövetelt legkisebb, hanem egyidejűleg a megengedett legnagyobb érték követelményének is

meg kell feleljen. Ez a követelmény csak akkor teljesül,

- ha a társított környezeti osztályú fagyálló-, illetve fagy- és olvasztósó-álló légbuborékos betonok az XF2, XF3, illetve XF4 környezeti osztályra előírt levegőtartalommal, és
- ha a társított környezeti osztályú oldódásos betonkorrozio veszélyének kitett betonok az XA4(H), XA5(H), illetve XA6(H) környezeti osztályra előírt cementtartalommal, illetve hatékony kötőanyagtartalommal

készülnek.

11. ADALÉKANYAG NÉVLEGES LEGNAGYOBB SZEMNAGYSÁGA

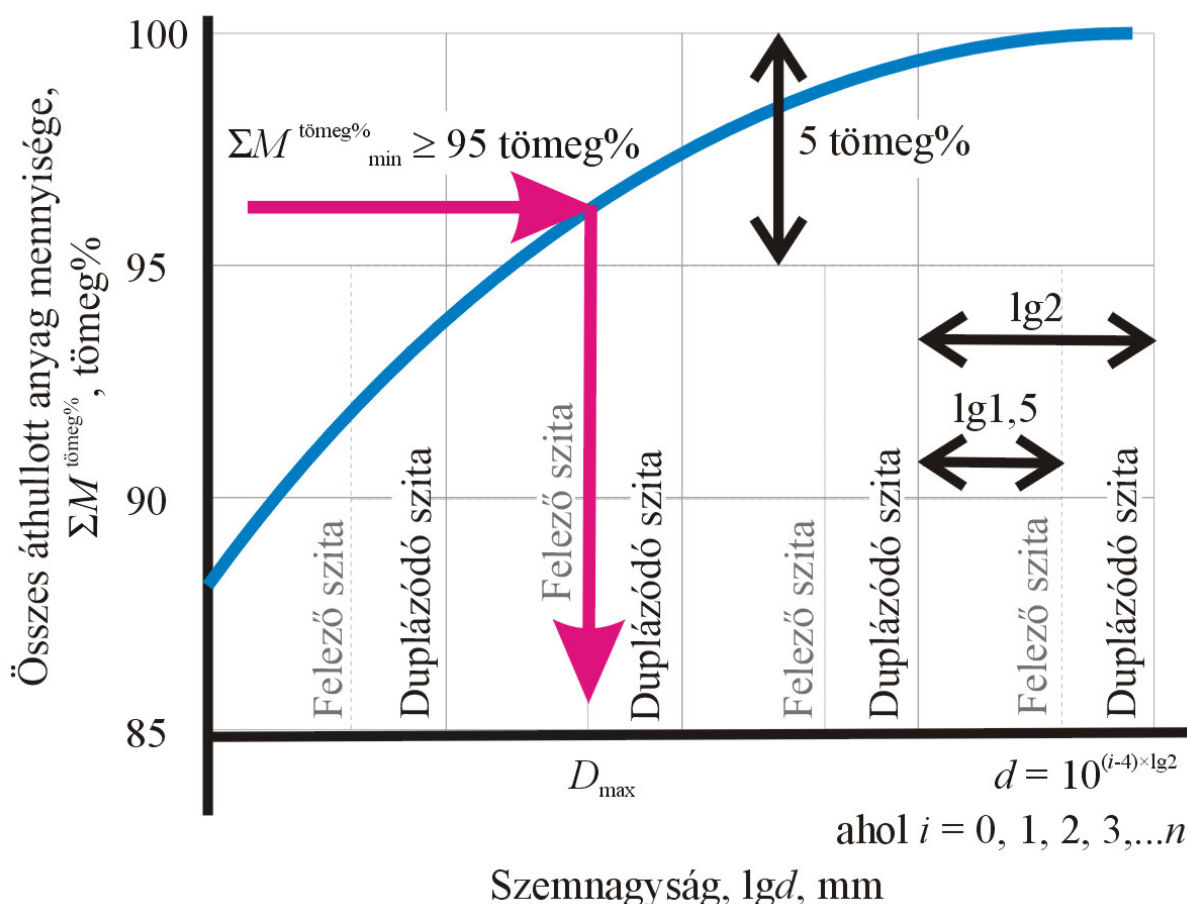
Az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának jele: D_{max} , D vagy d_{max} .

A betonok szabványos jelölésében a környezeti osztályok jelét az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságának számértéke követi.

A betonadalékanyag névleges legnagyobb szemmagysága Magyarországon az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a következők valamelyike: **8 mm**, 12 mm, **16 mm**, 24 mm, **32 (31,5) mm**, 48 mm, **63 mm**. A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban névleges legnagyobb szemmagyságként a határgörbékkel együtt a 20 mm is szerepelt..

A 8, 16, 32, 63 mm-es szemmagysághoz tartozó szitanyílások az úgy nevezett duplázódó alapszitasorozat, a 12, 24, 48 mm-es szemmagysághoz tartozó szitanyílások az úgy nevezett felező szitasorozat tagjai.

Az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságát négyzetes nyílású szitasorozat segítségével az MSZ EN 933-2:2020 szabvány szerinti szitavizsgálat eredményéből lehet meghatározni. Az adalékanyagnak ahhoz a duplázódó vagy felező szita legkisebbikéhez tartozó szemmagysága a legnagyobb szemmagyság, amelyiken összesen legfeljebb 5 tömeg% (térfogat%) anyag marad fenn (11.1. ábra).



11.1. ábra: Az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagysága a szemmegoszlási görbén

A 11.1. ábrán d a duplázódó sziták jele, i a duplázódó sziták sorszáma, így $i = 0$ esetén $d \approx 0,063$ mm, vagy például $i = 7$ esetén $d = 8$ mm, $i = 8$ esetén $d = 16$ mm, $i = 9$ esetén $d = 32$ mm és $i = 10$ esetén $d \approx 63$ mm. Ha a duplázódó sziták $\lg 2$ abszcissa-különbségét kifejező távolság hossza a rajzon Δ [mm], akkor a a duplázódó szitákat követő felező sziták helye a rajzon – nem a duplázódó sziták abszcissa-különbségének felezőjében, hanem –

a duplázódó szita helyét követő $(lg1,5/lg2) \times d \approx 0,585 \times d$ [mm] távolságra található. Például, ha a rajzon a duplázódó sziták helyének egymástól való távolsága $d = 25$ mm, akkor a felező sziták helye a rajzon a duplázódó sziták helyétől – nem $d/2 = 12,5$ mm-re, hanem $0,585 \times 25 = 14,6$ mm-re van.

A legnagyobb szemnagyság tervezése során a szerkezeti elem legkisebb méretére, vasbeton szerkezetek betonja esetén a betonfedés mértékére és az acélbetétek közötti szabad távolságra kell tekintettel lenni. A legnagyobb szemnagyság a következő három adat közül a legkisebbnél nem lehet nagyobb:

- a szerkezet rész legkisebb méretének egyharmada;
- a c_{nom} névleges betonfedés (lásd e könyv 6. fejezetét) kétharmada;
- az acélbetétek egymástól való legkisebb távolságának (a legkisebb szabad nyílásnak) kétharmada.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.3.1. szakaszának (2) bekezdése szerint a szivattyúval továbbított beton adalékanyagának névleges legnagyobb szemnagysága ne legyen a szivattyúvezeték átmérője egyharmadánál nagyobb.

A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 6.3. szakaszának (6) bekezdése és az MSZ 4798:2016 szabvány N mellékletének (4) bekezdése szerint zárt szövetszerkezetű vasalt könnyűbeton esetén az XC1 környezeti osztályú beton kivételével a könnyű adalékanyag legnagyobb szemnagysága legalább 5 mm-rel legyen kisebb, mint a $c_{min,dur}$ előírt legkisebb betonfedés.

Az előregyártott vasbeton vagy feszített vasbetonelemeket illetően a betonfedésre, és így az adalékanyag legnagyobb szemnagyságára az MSZ 4798:2016 szabványban található előírások csak akkor évenyesek, ha a vonatkozó termékszabvány másként nem rendelkezik.

A névleges legnagyobb szemnagyságok mindegyikéhez három szemmegoszlási határgörbe tartozik (MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezete, illetve a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány M melléklete), tehát az adalékanyag szemmegoszlási görbéjének meghatározó jellemzője a legnagyobb szemnagyság.

A betontechnológus az adalékanyag legnagyobb szemnagyságán kívül a következők egyike szerint is jellemezze az adalékanyag szemmegoszlását (MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezetének (8) bekezdése):

- az „A”, „B”, illetve „C” határgörbével vagy a közöttük lévő I. illetve II. területtel is, például: $D_{max} = 16$ (AB) vagy $D_{max} = 16$ (I.), vagy AB16;
- a finomsági modulussal is, például: $D_{max} = 16$ ($m = 5,6-6,6$);
- az egyenlőtlenségi együtthatóval is, például: $D_{max} = 16$ ($U_{70/10} = 14-22$).

Megjegyzés: A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban a 4.2.2. szakaszban adták meg az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának osztályait. Ennek tartalma az MSZ 4798:2016 szabványban jórészt az E mellékletbe került, mert átszámolás folytán az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány 4.2.2. szakasza az öntömörödő betonok konzisztencia osztályait tartalmazza.

Az ipari és laboratóriumi rosták 1 mm feletti nyílásainak alakja hazánkban 1977-ig kör volt, azóta négyzet. A négyzetnyílás élhosszúsága (#) az egyenértékű környílás átmérőjének ($\emptyset$) függvényében: $\# = 0,8 \times \emptyset$, ahol az összefüggés szorzója az úgy nevezett lyukbőség-egyenértékűségi tényező, amelynek kialakulása történetéről könyvünk 1.5. Fogalmak fejezetének szócikkében lehet részletesebben olvasni.

Összegezve:

Az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagyságának növelése általában hatásos eszköze a cementtakarékos beton készítésének. A legnagyobb szemnagyság növelésének azonban mind a beton, mind a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonja esetén korlátai vannak: mind a vasalatlan, mind a vasalt szerkezet rész legkisebb méretének egyharmadánál nem szabad nagyobbak lennie; ha pedig a betonból vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet készül, akkor legfeljebb a névleges betonfedésnek és az acélbetétek egymástól való távolságának kétharmada lehet.

NAGYSZILÁRDSÁGÚ BETON című könyvemben mit írnak a szemnagyságról???

12. KONZISZTENCIA OSZTÁLY

12.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK, SZOKVÁNYOS BETONOK KONZISZTENCIA OSZTÁLYAI

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 betonszabvány a tömörítendő friss könnyűbetont, szokványos (közönséges, normál) betont és nehézbetont konzisztenciája alapján háromféle szabványos konzisztencia vizsgálati módszer szerint sorolja osztályba. A betonszabvány a háromféle konzisztencia vizsgálati módszer között betűjellel tesz különbséget: roskadási mérték (S), területi mérték (F), tömörítési mérték (C), a konzisztencia osztályt pedig a megfelelő betűjel és a beton folyósságával növekvő, az adott konzisztencia mérték tartományhoz rendelt számjel társításával jelöli (12.1. – 12.3. táblázat).

A konzisztenciát a friss beton megrendelésekor tervezett értékkel is megadhatjuk, ilyenkor azonban elő kell írni a tűrést is, például: $S = 30 \pm 10$ mm. Célszerűbb azonban a konzisztenciamérési módszernek megfelelő konzisztencia osztály jelét (például S1) és a hozzá tartozó tartományt, például S1 (10 - 40 mm) megadni.

A beton jelében nem javasoljuk sem a régi, visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti konzisztencia osztályokra utaló FN (földnedves), KK (kissé képlékeny), K (képlékeny), F (folyós) betűjel, sem a konzisztencia megnevezésének szöveges megjelenítését (például: földnedves) szerepeltetni.

A konzisztencia osztályok határértéke a vizsgálati eredmények átlagára vonatkozik. A tömörítendő betonok egyedi konzisztencia vizsgálati eredményei az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerinti mértékben térhetnek el az átlagos eredményekre vonatkozó határértékektől.

12.1. táblázat: Roskadási osztályok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Osztály	Roskadási mérték, mm	
	A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek	Határértékek tűrése az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata szerint
S1	10 - 40	± 10
S2	50 - 90	± 20
S3	100 - 150	± 30
S4	160 - 210	± 30
S5 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	≥ 220	± 30
A roskadási mértéket az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint kell meghatározni.		

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az egyedi roskadásmérési eredmények a beton átadása helyén az előírt konzisztencia osztály alsó határától legfeljebb -10 mm-rel, felső határától legfeljebb +10 mm-rel térhetnek el. Ha a mintát a mixer vagy kavaróberendezés gépkocsi ürítésének kezdetekor veszik, akkor a megengedett eltérés rendre -20 mm, +20 mm.

12.2. táblázat: Területi osztályok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Osztály	Területi átmérő (Területi mérték), mm	
	A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek	Határértékek túrése az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata szerint
F1 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	≤ 340	± 40
F2	350 – 410	± 40
F3	420 – 480	± 40
F4	490 – 550	± 40
F5	560 – 620	± 40
F6 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	≥ 630	± 40
A területi mértéket az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány szerint kell meghatározni.		

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az egyedi területismérési eredmények a beton átadása helyén az előírt konzisztencia osztály alsó határától legfeljebb -10 mm-rel, felső határától legfeljebb +10 mm-rel térhetnek el. Ha a mintát a mixer vagy kavaróberendezéses gépkocsi ürítésének kezdetekor veszik, akkor a megengedett eltérés rendre -20 mm, +20 mm.

12.3. táblázat: Tömörítési osztályok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Osztály	Tömörítési mérték (A tömöríthetőség mértéke)	
	A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek	Határértékek túrése az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata szerint
C0 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	$\geq 1,46$	$\pm 0,13$
C1	1,45 – 1,26	$\pm 0,13$
C2	1,25 – 1,11	$\pm 0,11$
C3	1,10 – 1,04	$\pm 0,08$
C4 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny. Ezt az osztályt csak könnyűbeton esetén szabad alkalmazni.	$\leq 1,03$	$\pm 0,08$
A tömörítési mértéket az MSZ EN 12350-4:2019 szabvány szerint kell meghatározni.		

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az egyedi tömörítésmérési eredmények a beton átadása helyén az előírt konzisztencia osztály alsó határától legfeljebb -0,03 értékkel, felső határától legfeljebb +0,03 értékkel térhetnek el. Ha a mintát a mixer vagy kavaróberendezéses gépkocsi ürítésének kezdetekor veszik, akkor a megengedett eltérés rendre -0,04, +0,04 mm.

12.4. táblázat: VEBE osztályok a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint

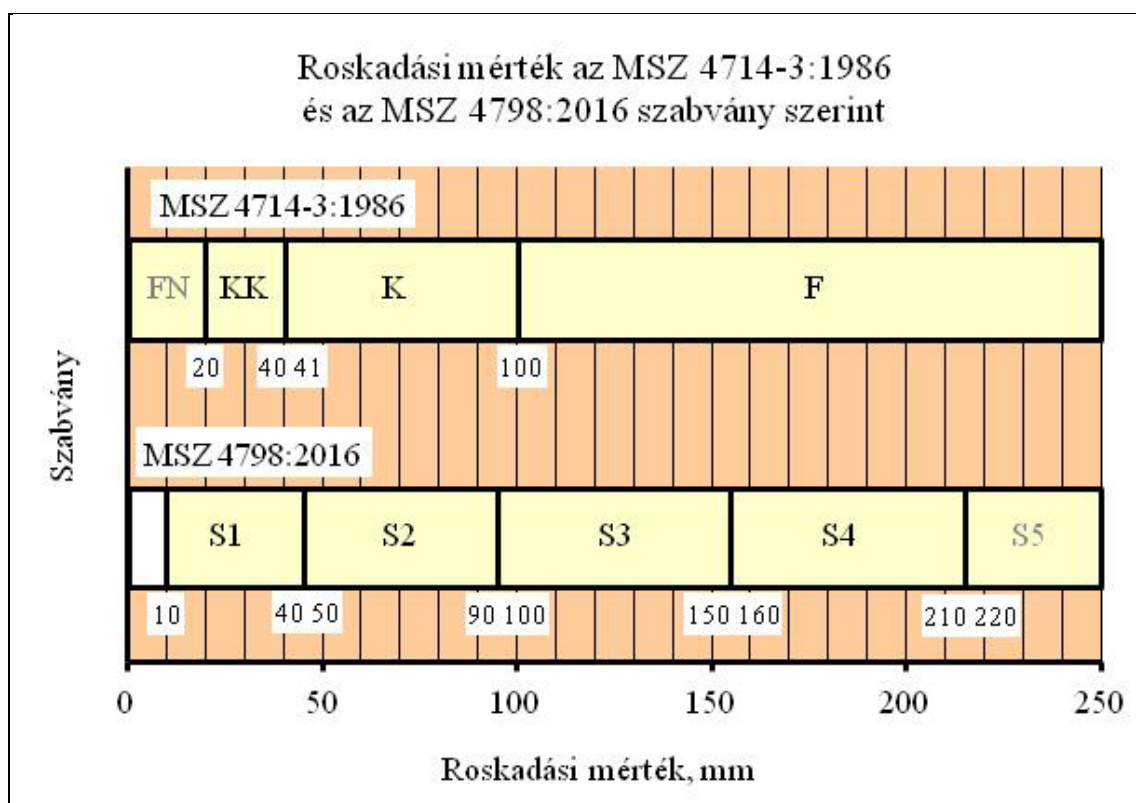
Osztály	<i>VEBE</i> -méteres átformálási idő, (<i>VEBE</i> -mérték), s A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek
V0	≥ 31 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.
V1	30 - 21
V2	20 - 11
V3	10 - 6
V4	5 – 3 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.
A Vebe-méteres átformálási időt az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint kell meghatározni.	

Az MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004 szabvány visszavonásával a VEBE mérték (V) (12.4. táblázat) termékminősítő szerepét elvesztette.

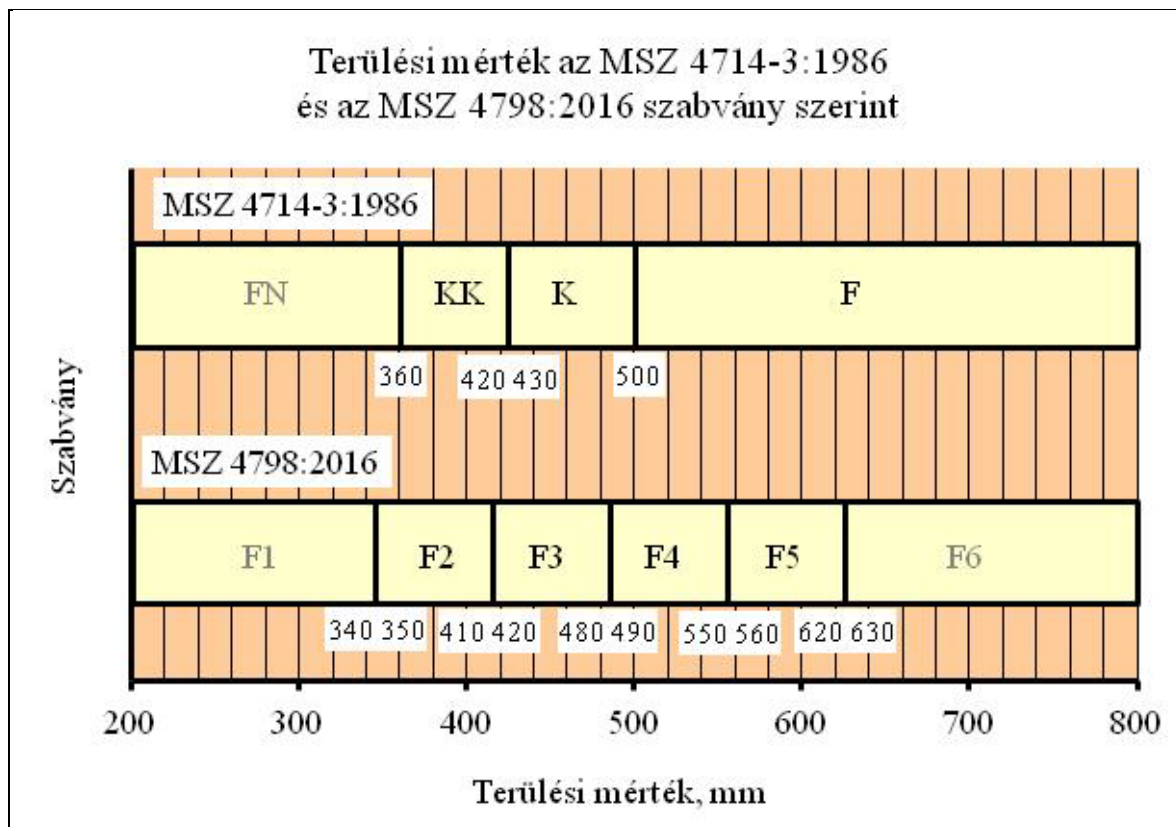
A 12.1. – 12.3. ábrán a régi, visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány F2. függeléke és az új MSZ EN 206:2013+A2:2021 , illetve MSZ 4798:2016 szabvány 4.2.1. szakasza szerinti konzisztencia osztályokat vetettük össze.

A 12.4. ábrán a régi, visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány F2. függeléke és a közel múltban ugyancsak visszavont MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány 4.2.1. szakasza szerinti VEBE-méteres átformálási konzisztencia osztályok összehasonlítása látható.

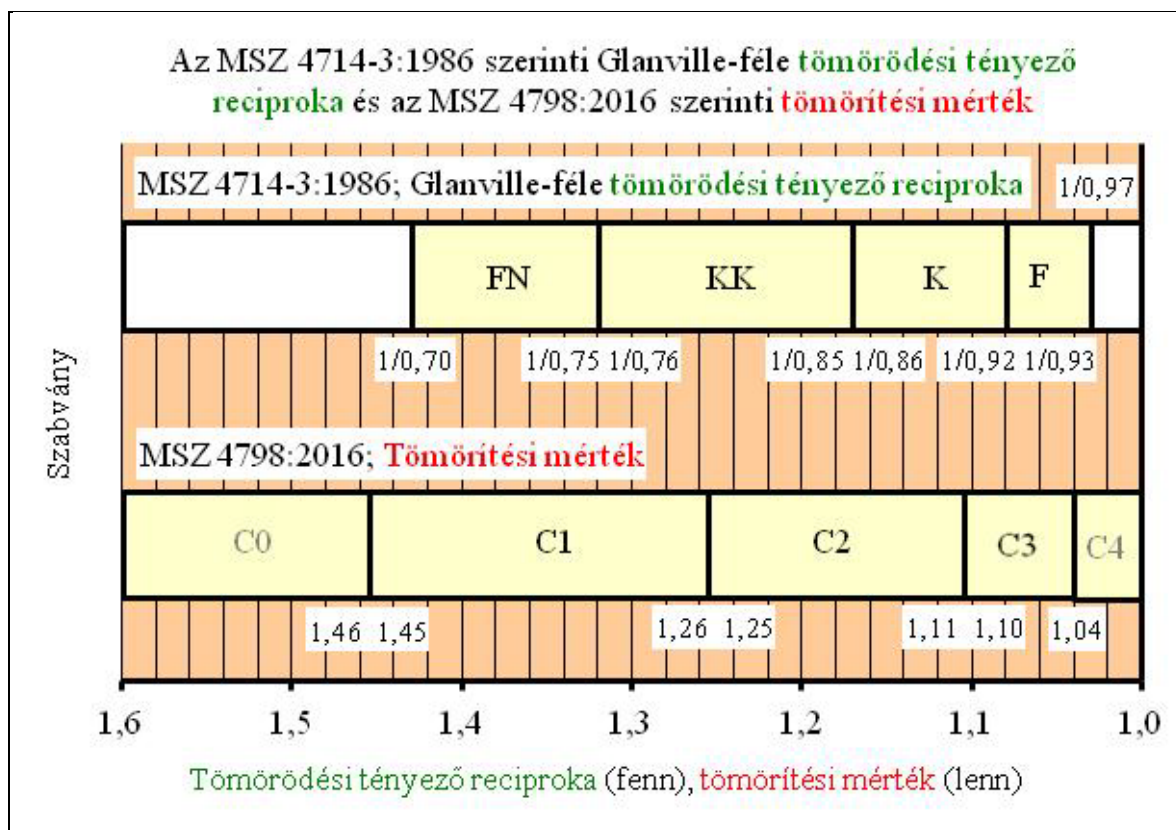
A légszáraz állapotú könnyű adalékanyagok vízfelszívása folytán a könnyűbetonok konzisztencia osztálya akár egy fokozatot is csökkenhet, ezért meg kell határozni a könnyű adalékanyag 1 órás vízfelvételét, és azt a betonkeverés során a keverővízhez kell adni. A könnyűbetonokat általában képlékeny konzisztenciával célszerű készíteni (javasolt konzisztencia osztály például F2), mert az ennél lágyabb konzisztenciájú könnyűbetonok könnyen szétosztályozódnak (*Zement-Merkblatt* B 13).



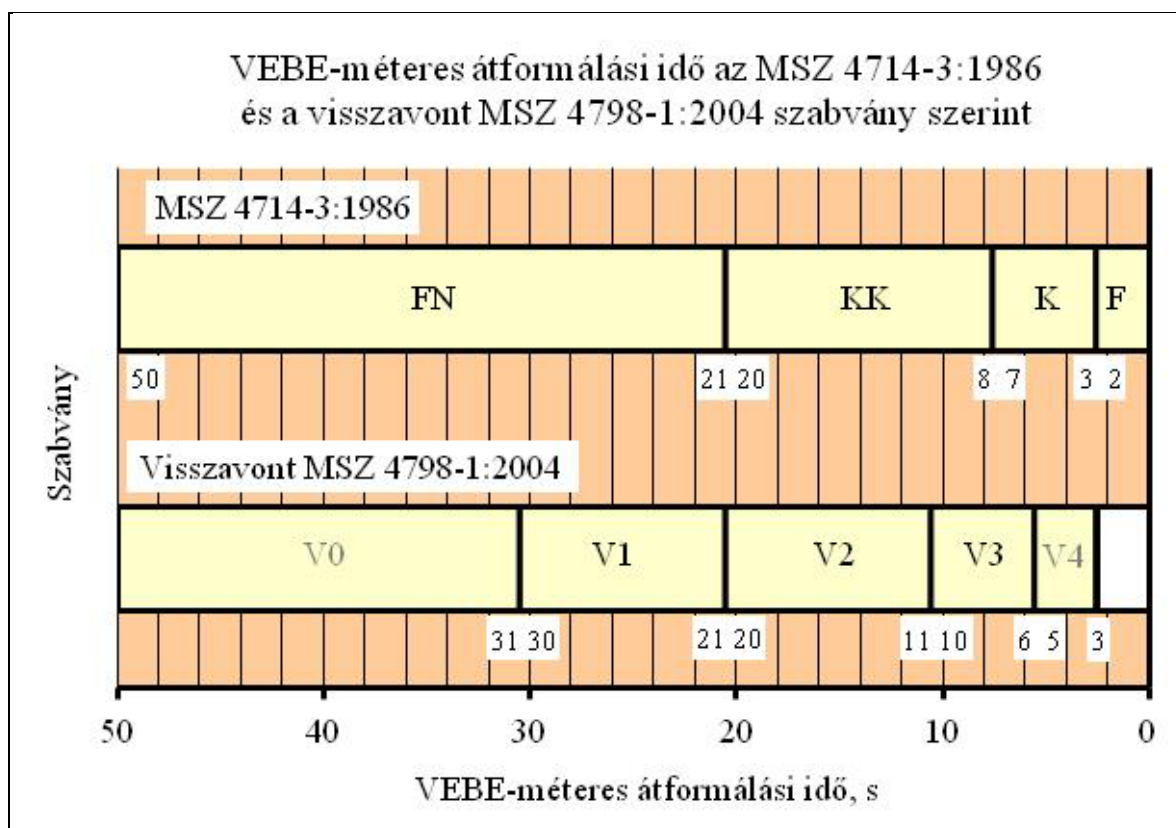
12.1. ábra: A régi (MSZ 4714-3) és a mai (MSZ 4798) roskadási osztályok összevetése



12.2. ábra: A régi (MSZ 4714-3) és a mai (MSZ 4798) területi osztályok összevetése



12.3. ábra: A régi tömörödési (MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti *Glanville*-féle) és a mai tömörítési (MSZ 4798:2016 szabvány szerinti *Walz*-féle) osztályok összevetése



12.4. ábra: A régi (MSZ 4714-3:1986) és a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti

VEBE osztályok összevetése

Összegezve: Még meg kell írni.

12.2. ÖNTÖMÖRÖDŐ-ÖNTERÜLŐ BETON KONZISZTENCIA OSZTÁLYAI

Az öntömörödő beton konzisztencia osztályait eredetileg előíró MSZ EN 206-9:2010 szabványt 2014. július 1-jén visszavonták, és tartalmát 4.2.2. szakasz-számmal beépítették az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabványba.

Az öntömörödő beton konzisztenciáját az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint a 12.5. táblázat szerinti konzisztencia osztály jelével, vagy határértékével, vagy különleges esetben (MSZ 4798:2016 szabvány L mellékletének 1. sora) a konzisztencia tervezett értékével lehet megadni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az öntömörödő beton egyedi konzisztencia vizsgálati eredményeinek eltérése a tűréssel módosított határértéktől nem megengedett, miáltal a határérték követelményét a konzisztencia vizsgálat eredményének átlagértéke is kielégíti; más szóval az öntömörödő beton konzisztencia osztályainak határértéke az egyedi konzisztencia vizsgálati eredményekre vonatkozik. A tűréseket az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata tartalmazza.

Ha az öntömörödő beton folyási képességét kell meghatározni, akkor az MSZ EN 12350-8:2010 szerinti roskadási területet kell megmérni. A roskadási területi osztályokat tömörítendő betonok esetén is alkalmazni lehet, azokat az MSZ 4798:2016 szabvány a szokványos betonok konzisztencia osztályai között tartja számon.

Ha az öntömörödő beton viszkozitását kell meghatározni, akkor vagy a t_{500} területi időt (MSZ EN 12350-8:2019) vagy a tölcéses kifolyási időt (MSZ EN 12350-9:2010) kell megmérni.

12.5. táblázat: Az öntömörödő betonok konzisztencia osztályai az MSZ 4798:2016 szabványban. A tűréseket a szabvány 23. táblázata tartalmazza. A határértékek az egyedi (egyed) vizsgálati eredményekre is vonatkoznak.

Roskadási terület szerinti osztályok		
Osztály jele	Roskadási területi mérték határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
SF1	(500±50) – (650±50)	MSZ EN 12350-8:2019
SF2	(660±50) – (750±50)	
SF3	(760±50) – (850±50)	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a roskadási terület tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{\max} \leq 40$ mm.		
Viszkózitási (területi idő) osztályok (az 500 mm-es területi átmérő eléréséhez szükséges idő roskadási területmérés során)		
Osztály jele	t_{500} területi idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VS1	< 2±1	MSZ EN 12350-8:2019
VS2	≥ 2±1	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a területi idő tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{\max} \leq 40$ mm.		
Viszkózitási (tölcséres kifolyási idő) osztályok		
Osztály jele	t_v tölcséres kifolyási idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VF1	< 9±3	MSZ EN 12350-9:2010
VF2	(9±5) – (25 ±5)	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a kifolyási idő tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{\max} \leq 22,4$ mm (24 mm).		
L-szekrényes (L-dobozos) átfolyási képesség szerinti osztályok		
Osztály jele	L-szekrényes átfolyási képesség arányszámának határértéke [-]	Vizsgálati szabvány
PL1	≥ 0,8 két fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-10:2010
PL2	≥ 0,8 három fékező acélrúd alkalmazásával	
Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet az L-szekrényes átfolyási képesség arányszámának legkisebb értékével.		
Fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) átfolyási képesség szerinti osztályok		
Osztály jele	Területi hajlam, a betonlepeny belső és külső magassága különbségének határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
PJ1	≤ 10 tizenkét fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-12:2010
PJ2	≤ 10 tizenhat fékező acélrúd alkalmazásával	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a betonlepeny belső és külső magassága különbségének legnagyobb tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{\max} \leq 40$ mm.		
Ülepedési (szítás szétosztályozódási) ellenállás, stabilitás szerinti osztályok		
Osztály jele	Szítán átfolyt anyag mennyiségének határértéke [tömeg%]	Vizsgálati szabvány
SR1	≤ 20	MSZ EN 12350-11:2010
SR2	≤ 15	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a szítán fennmaradt anyag tömeg%-ban kifejezett mennyiségének legnagyobb értékével. b) A szétosztályozódási osztály szálerősítésű vagy könnyű adalékanyagos beton esetén nem érvényes.		

Ha az öntömörödő beton átfolyási képességét kell meghatározni, akkor vagy az L-szekrényes vizsgálatot (MSZ EN 12350-10:2010) vagy a fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) vizsgálatot (MSZ EN 12350-12:2010) kell elvégezni.

Az L-szekrényes átfolyási képesség és a fékező gyűrűs átfolyási képesség osztályainak mértékegysége eltérő, és ezeknek a tűrését az MSZ 4798:2016 szabvány nem tartalmazza.

Ha az öntömörödő beton szétosztályozódással szembeni ellenállását kell meghatározni, akkor az ülepedési (szétosztályozódási) hajlam vizsgálata végzendő el az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint.

Öntömörödő betont könnyűbetonból is lehet készíteni (*Zement-Merkblatt B 13, Müller – Haist, 2004*).

Összegezve: Még meg kell írni. Lásd az Öntömörödő könnyűbeton címszót és a DAfStb Heft 516. (2001) helyzetjelentést

13. TESTSÚRÚSÉGI OSZTÁLY

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a 28 napos korban, 60 ± 5 °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban meghatározott testsűrűségük alapján a megszilárdult betonokat könnyűbetonnak, szokványos betonnak (közönséges vagy normál betonnak, vagy legtöbbször egyszerűen betonnak) és nehézbetonnak nevezik (13.1. táblázat).

Az MSZ 4798:2016 szabvány a könnyűbetonok közül a legalább 800 kg/m^3 testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonokkal foglalkozik; a 800 kg/m^3 -nél kisebb testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonok és a sejtesített könnyűbetonok (a gázbetonok, szabványos és kereskedelmi nevük szerint pórusbetonok, a habbetonok stb.) nem tartoznak tárgykörébe.

13.1. táblázat: Betonok osztályozása testsűrűség alapján (MSZ 4798:2016)

Beton fajta	Beton betűjele	Beton testsűrűsége 28 napos korban, kiszáritott állapotban, kg/m^3
Könnnyűbeton	LC	800 – 2000
Közönséges beton	C	> 2000 – 2600
Nehézbeton	HC (nem szabványos jelölés)	> 2600

A legalább 800 kg/m^3 testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonokat testsűrűségük alapján a 13.2. táblázat szerint osztályozzuk.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 22. táblázata szerint a szilárd nehézbetonpróbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűsége a tervezett értéktől legfeljebb -1,5%-kal térhet el.

13.2. táblázat: A legalább 800 kg/m^3 testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonok osztályozása testsűrűség alapján (MSZ 4798:2016)

Testsűrűségi osztály	$\rho_{LC} 1,0$	$\rho_{LC} 1,2$	$\rho_{LC} 1,4$	$\rho_{LC} 1,6$	$\rho_{LC} 1,8$	$\rho_{LC} 2,0$
Testsűrűség, kg/m^3	800 – 1000	> 1000 – 1200	> 1200 – 1400	> 1400 – 1600	> 1600 – 1800	> 1800 – 2000

Az MSZ 4798:2016 szabvány 22. táblázata szerint a szilárd könnyűbetonpróbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűsége a testsűrűségi osztály alsó határértékétől legfeljebb -2%-kal, felső határértékétől legfeljebb +2%-kal térhet el.

A $\rho_T < 800 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű adalékanyagos könnyűbetonokkal e könyvben csak érintőlegesen, a sejtesített könnyűbetonokkal pedig nem foglalkozunk,

A könnyűbetonok lehetséges csoportosítását testsűrűségük és nyomószilárdságuk, illetve alkalmazhatóságuk szerint a 13.3. táblázatban mutatjuk be.

13.3. táblázat: Könnyűbetonok besorolása tulajdonságuk, illetve alkalmazhatóságuk szerint

Könnyűbetonok besorolása tulajdonságuk, illetve alkalmazhatóságuk szerint									
Teherbíró könnyűbetonok									
Testsűrűség kg/m ³	Hőszigetelő könnyűbetonok	Nyomószilárdság, N/mm ²							
		< 2,5	2,5 - 5,0	5,0 - 7,5	7,5 - 10	10 - 15	15 <	Hővezetési tényező W/mK	
< 200	Hőszigetelő könnyű- betonok	Polisztirol gyöngy beton							< 0,06
		Duzzasztott perlit beton							
		Habbeton							
		Fabeton							
400 - 600	MSZ 4798:2016 szerinti adalék- anyag, teherbíró könnyű- betonok							0,06 - 0,09	
600 - 800								0,09 - 0,12	
800 - 1100								0,12 - 0,18	
1100 - 1400								0,18 - 0,25	
1400 - 1600	Teherbíró könnyű- betonok							0,25 - 0,38	
1600 - 1800								0,38 - 0,50	
1800 - 2000								0,50 - 0,60	
								0,60 - 0,70	
								0,70 - 0,80	

Megjegyzés: A könnyűbetonok testsűrűsége, nyomószilárdsága, hővezetési tényezője jelentős mértékben elterhet a táblázatban szereplő értékektől.

A visszavont MSZ 4719:1982 szabvány a 600 - 2000 kg/m³ testsűrűségű adalékanyag, betonokat tekintette teherbíró könnyűbetonoknak.

13.3. táblázat: A legalább 2600 kg/m³ testsűrűségű nehézbetonok osztályozása testsűrűség alapján (MSZ 4798:2016/4M:2013)

Összegezve: Még meg kell írni.

14. FRISS BETONOK KLORIDIONTARTALMÁNAK OSZTÁLYA

A kloridiontartalom esetenként szokásos, kevésbé szabatos megnevezése: kloridtartalom.
Jele: Cl^-

Az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.8. szakasza szerint a friss beton összes kloridiontartalmát a cementtartalom tömegszázalékában kell kifejezni, és annak tényleges értéke nem haladhatja meg a kloridiontartalmi osztály követelményét, amelyet a 14.1. táblázatban tüntetünk fel.

14.1. táblázat: A friss beton legnagyobb kloridiontartalma a cementtartalom tömegszázalékában kifejezve az MSZ 4798:2016 szabvány 15. táblázata alapján

Beton fajtája	Kloridiontartalom osztály ^{a)}	Megengedett legnagyobb kloridion- (Cl^-)-tartalom a cementtartalom tömegszázalékában ^{b)}
Beton. Nem tartalmaz acélbetétet vagy más beágyazott fémeket, kivéve a korrózióálló emelőfüleket ^{c)}	$\text{Cl } 1,0$	1,0
Vasbeton. Acélbetétet vagy más beágyazott fémeket tartalmaz	$\text{Cl } 0,2$	0,2
	$\text{Cl } 0,4$ ^{d)}	0,4 ^{d)}
Feszített vasbeton. Feszített acélbetétet is tartalmaz	$\text{Cl } 0,1$	0,1
	$\text{Cl } 0,2$ ^{d)}	0,2 ^{d)}
^{a)} Különleges betonfelhasználás esetén az alkalmazott osztály függ a beton felhasználási helyén érvényes utasításoktól. ^{b)} Ha II. típusú kiegészítőanyagot (például kohósalakot, pernyét, szilikaport) alkalmazunk, és ezt beszámítjuk a cementtartalomba, akkor a cement + teljes mennyiségű kiegészítőanyag tömegszázalékában kifejezett kloridion-mennyiség az a kloridiontartalom, amelyet számításba kell venni. ^{c)} Az emelőfüleket nem kell korrózióálló acélból készíteni akkor, ha a szerkezeti elemet egyszer emelik be a helyére, és később az emelőfüleknél fogva már nem mozgatják. ^{d)} Kizárólag nedvességtől elzárt térben lévő szerkezetek esetén szabad megengedni.		

Az utak, autópályák, repülőterek, járdák, kerékpárutak, rakodási területek és általában a közlekedési szerkezetek betonburkolataira vonatkozó MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.2.6. szakasza szerint, ha a betonban korrózióvédelem nélküli horgonyzó acélbetét, betonvasalás vagy teherátadó acélbetét van, akkor az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti összes kloridtartalom nem haladhatja meg a cement tömegének 0,4 %-át.

Kalcium-kloridot és kloridalapú adalékszerkeket nem szabad acélbetéteket (vasbeton), előfeszített acélokat (előfeszített vasbeton) vagy más beágyazott fémeket tartalmazó betonhoz adagolni.

A friss betonok kloridiontartalmát a beton környezeti osztályától függetlenül korlátozni kell.

Az ismert összetételű friss beton kloridiontartalmát a betonalkotók, a cement, a keverővíz, az adalékanyag, a kiegészítőanyag és az adalékszer kloridiontartalmából a következő módszerek egyikével vagy ezek társításával lehet meghatározni, és a cementtartalom tömegszázalékában kifejezni:

- az alkotóanyagok szabványai által megengedett vagy az alkotóanyag gyártói által megadott legnagyobb kloridiontartalom alapján;

- az alkotóanyagok havonta elvégzett kloridiontartalom vizsgálata utolsó 25 eredményének az átlagából és az ehhez hozzáadott 1,64-szoros szórásából meghatározott várható legnagyobb kloridiontartalom alapján. Az alkotóanyagok ennél nagyobb kloridiontartalmának előfordulási valószínűsége legfeljebb 5%.

A betonalkotóanyagok megengedett legnagyobb kloridiontartalmáról a vonatkozó termékszabványok intézkednek. Például a betonszerkezetek gyártásához használt betonalkotóanyagok megengedett vízzoldható kloridiontartalma a következő:

- cement (MSZ EN 197-1:2011), az MSZ EN 196-2:2013 szerint vizsgálva: $\leq 0,1$ tömeg%
- víz (MSZ EN 1008:2003), az MSZ EN 196-2:2013 szerint vizsgálva:
 - betonhoz: $\leq 0,45$ tömeg%
 - vasbetonhoz: $\leq 0,10$ tömeg%
 - feszített vasbetonhoz: $\leq 0,05$ tömeg%
- adalékanyag – beleértve a kiegészítőanyagként alkalmazott kőlisztet is – (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), a szemek felületéről vízzel leoldható kloridiontartalom, az **MSZ EN 1744-1:2019+A1:2019** szabvány 7. fejezete szerint vizsgálva **(biztos, hogy nem a savoldható, lásd jelölések: AS és e-ÜT 05.01.15 Kárpáti féle (DIN-Fachbericht 100:2010 ???))**:
 - beton esetén: $\leq 0,15$ tömeg%
 - vasbeton esetén: $\leq 0,04$ tömeg%
 - feszített vasbeton esetén: $\leq 0,02$ tömeg%
 - az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány 6.2. szakaszának megjegyzése szerint, ha ismert, hogy az adalékanyag vízzoldható kloridiontartalma legfeljebb 0,01 tömeg%, akkor ezt az értéket (0,01 tömeg%) a beton kloridiontartalmának kiszámításánál alkalmazni szabad.
- adalékszer (MSZ EN 934-1:2008), kloridmentes (német jelölése gyakran „OC”: ohne Chlorid), az MSZ EN 480-10:2009 szerint vizsgálva: $\leq 0,1$ tömeg%

Példaképpen számítsuk ki egy 300 kg/m^3 cementtartalmú, 0,5 víz-cement tényezőjű, 1940 kg/m^3 adalékanyagtartalmú (mészkőliszt kiegészítőanyaggal együtt, ha van benne), $4,5 \text{ kg/m}^3$ adalékszer adagolású, vasbeton szerkezetbe beépítésre kerülő friss beton kloridiontartalmát annak feltételezésével, hogy a cement, a víz és az adalékszer kloridiontartalma a megengedett felső határérték 80 százalékát, míg a mosott adalékanyag kloridiontartalma a megengedett felső határérték 20 százalékát éri el:

$$\begin{aligned}
 Cl_{\text{cement}} &= 0,8 \times 300 \times 10^{-3} = 0,2400 \text{ kg/m}^3 \\
 Cl_{\text{víz}} &= 0,8 \times 150 \times 10^{-3} = 0,1200 \text{ kg/m}^3 \\
 Cl_{\text{adalékanyag}} &= 0,2 \times 1940 \times 4 \times 10^{-4} = 0,1552 \text{ kg/m}^3 \\
 Cl_{\text{adalékszer}} &= 0,8 \times 4,5 \times 10^{-3} = 0,0036 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

azaz a betonban lévő összes klorid-ion tömege $= 0,5188 \text{ kg/m}^3$, amelyet a cementtartalom tömegszázalékában kifejezve kapjuk az MSZ 4798-1:2004 szabvány 10. táblázatában szereplő követelménnyel összevetendő kloridiontartalmat $= (0,5188/300) \times 100 = 0,173$ tömeg%.

Minthogy $0,173 < 0,2$ tömeg%, a példa szerinti beton az MSZ 4798:2016 szabvány

15. táblázata szerint a $C\ell$ 0,20 jelű kloridiontartalom osztályba tartozik, és vasbeton szerkezet készítésére alkalmas.

Értelemszerűen kell a bemutatott számítási módszert alkalmazni akkor is, ha a kloridiontartalmat esetleg a friss beton tömeg%-ában adják meg, és ki kívánjuk számítani a cementtartalom tömegszázalékában kifejezett kloridiontartalmat. Fenti példában a friss beton tömeg%-ában kifejezett kloridiontartalom: $100 \cdot 0,5188 / (300 + 150 + 1940 + 4,5) = 100 \cdot 0,5188 / 2394,5 = 0,022$ tömeg%. Ha a pontos számításhoz szükséges összes adatot nem ismerjük, akkor 300 kg/m^3 cementtartalom és 2400 kg/m^3 friss beton testsűrűség feltételezésével, a friss beton tömeg%-ában megadott kloridiontartalmát nyolccal ($2400/300 = 8$) megszorozva kapjuk a cementtartalom tömeg%-ában kifejezett hozzávetőleges kloridiontartalmat, példánk szerint: $0,022 \cdot 8 = 0,176$ tömeg% $\sim 0,173$ tömeg%, amely utóbbi a példa szerinti pontos érték.

Összegezve: Még meg kell írni.

C. BETONOK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ

Lásd, hátha illik ide. Aßbrock 2007

A víz-cement tényező (x) a friss beton víz- és cementtartalmának tömegaránya:

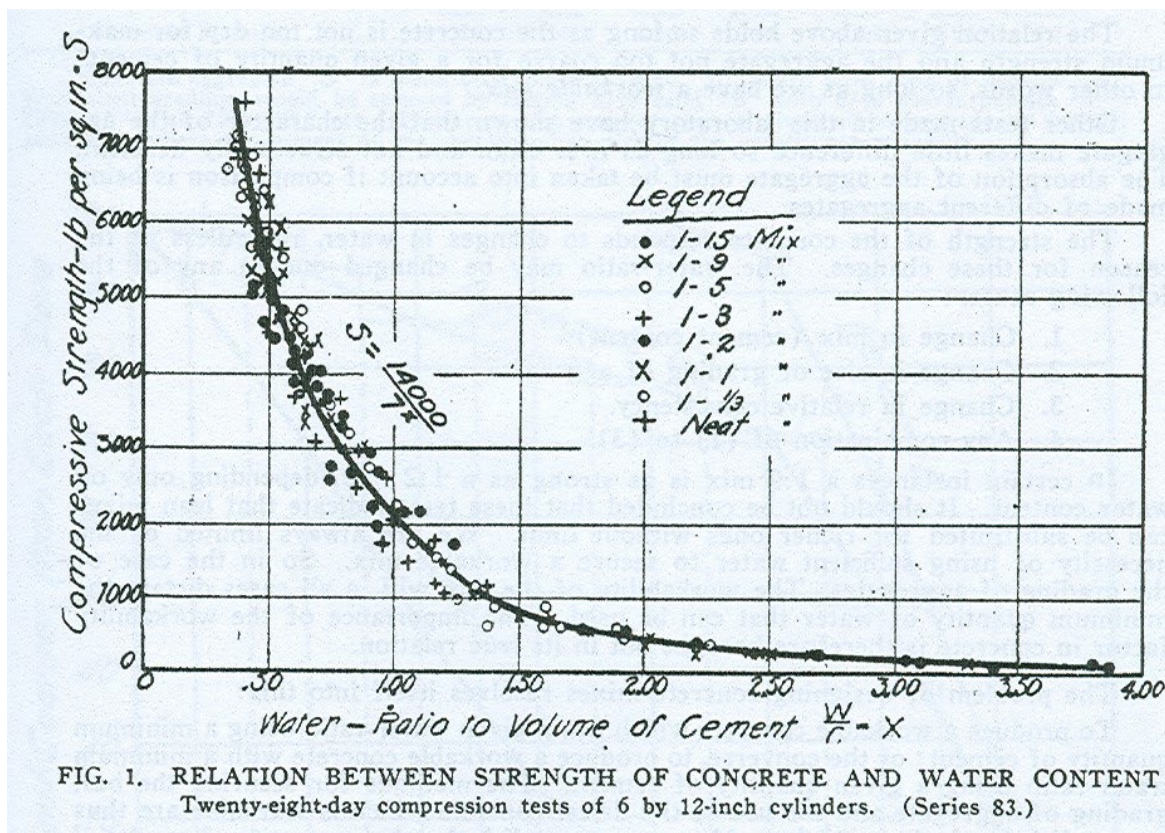
$$x = \frac{v}{c}$$

ahol:

v = friss beton hatékony víztartalma, amely a keverővíznek és az adalékanyag felületi nedvességének az összege [kg/m^3]. Számítása során célszerű az adalékanyag rövid idejű vízfelszívását figyelembe venni. A hatékony víztartalmat szükség esetén a párolgási veszteséggel csökkenteni szokták.

c = a bedolgozott friss beton cementtartalma, kg/m^3

A „víz-cement tényező – nyomószilárdság” törvény a betontechnológia legalapvetőbb anyagtani szabálya, amelyet *Duff A. Abrams* 1918 decemberében, New Yorkban, a Portland Cement Szövetség (Portland Cement Association) éves ülésén ismertetett: a víz-cement tényező (x) növekedésével csökken a beton nyomószilárdsága (S), mert a víz-cement tényező növekedésével a növekszik cementkő pórustartalma (15.1. ábra). *Abrams* a nyomószilárdság – víz-cement tényező összefüggést ($S = 14000/7^x$) három év alatt végzett mintegy 50000 vizsgálat eredménye alapján határozta meg, annak feltételezésével, hogy a cement halmazsűrűsége 94 lb. per cu. ft. = 94 font/láb³ = 1,506 kg/liter.



15.1. ábra: D. A. Abrams 1919 májusában nyomtatásban közzétett „Összefüggés a beton nyomószilárdsága és víztartalma” aláírással ábrája, amelyet 28 napos Ø6×12 hüvelyk =

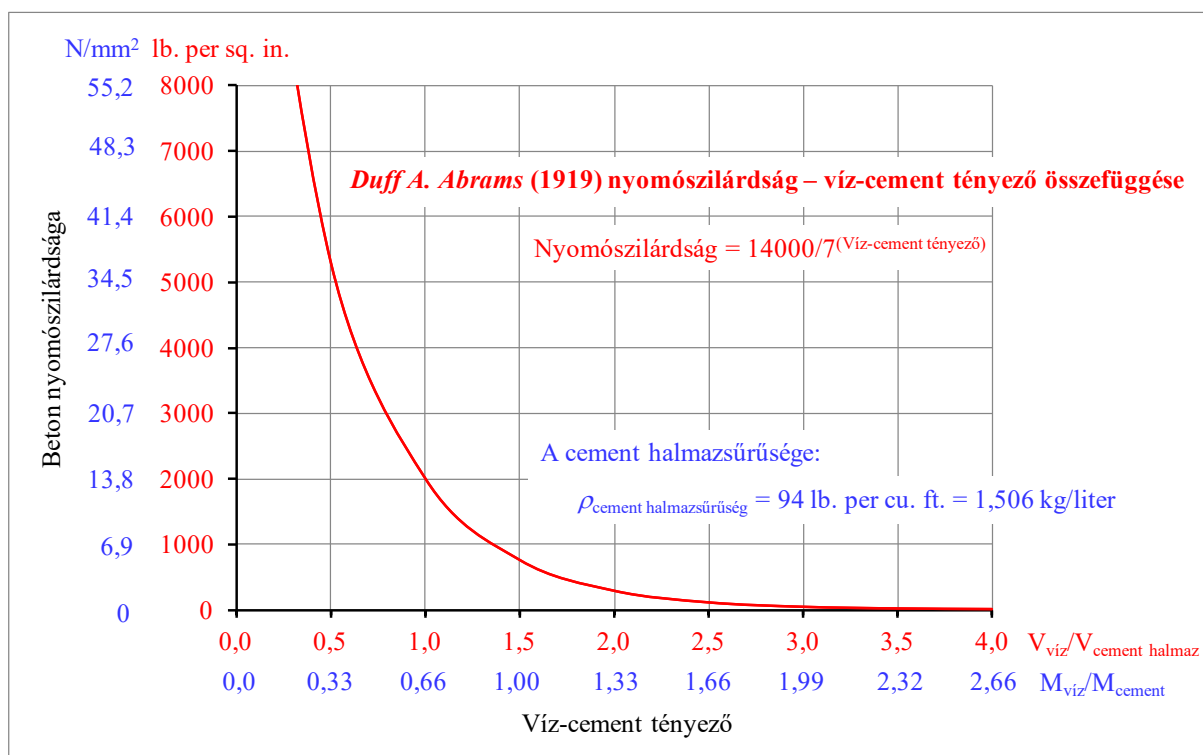
15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

Ø152,4×304,8 mm méretű próbahengerek nyomószilárdság vizsgálati eredménye alapján szerkesztett meg. Az ábra forrása a Forgotten Books &c Ltd., Dalton House, London „Classic Reprint Series” sorozatában 2017-ben megjelent hasonmás kiadás.

Az *Abrams*-féle 15.1. ábra ordinátájának mértékegysége: 1 lb./sq in. = 1 font/hüvelyk² = 1 psi = 0,006895 MPa (N/mm²), abszcisszájának mértékegysége: térfogatarány = $V_{\text{víz}}/V_{\text{cement}}$ halmaz = $\rho_{\text{cement}} \text{ halmazsűrűség} \times M_{\text{víz}}/M_{\text{cement}} = 1,506 \times M_{\text{víz}}/M_{\text{cement}} = \text{tömegarány}$.

Az *Abrams*-féle nyomószilárdság – víz-cement tényező összefüggést a nyomószilárdság angolszász mértékegységét metrikusan, és a víz-cement tényezőt tömegarányban is kifejező koordináta-rendszerben a 15.2. ábrán rajzoltuk meg.



15.2. ábra: Az *Abrams*-féle nyomószilárdság – víz-cement tényező összefüggés a hazánkban ma használatos koordináta-rendszer feltüntetésével

Az *Abrams*-féle törvény *Hummel, A.*³²⁶ (1959) megfogalmazásában így szól: „a víz-cement tényező növekedésével rohamosan csökken a cementkő, a cementhabarcs és a beton nyomószilárdsága, csökken a hajlító-húzószilárdság, a kopásállóság és a rugalmassági modulus, és növekszik a zsugorodás”.

Weiss György (Weisz, 1952) az *Abrams*-féle víz-cement tényező törvényt közérthetően így magyarázza: „Ha a víz-cement tényező növekszik, akkor a cement kötése szempontjából felesleges vízmennyiség is növekszik, ennek a víznek a betonból el kell párolognia, és helyén

³²⁶ *Hummel, Alfred* (1891, Heilbronn – 1973, Aachen), német építész, betontechnológus, egyetemi tanár. Dr.-Ing. címet 1923-ban szerzett. 1928-ban a Verein Deutscher Portland-Cement Fabrikanten Berlin-karlshorsti laboratóriumának vezetője, ebben az időben írta az azóta számos kiadást elért „Das BetonABC” című könyvet (1934). 1936-ban a Berlin-dahlemer Staatlichen Material-Prüfungsamt osztályigazgatója, 1938-ban a Technische Hochschule Berlin, 1948-ban a Technische Hochschule Aachen professzora lett. Itt alapította az Institut für Bauforschung kutatóintézetet, amelynek vezetője lett. 1960-ban német nagykereszt érdeméremmel tüntették ki. Publikációinak száma több, mint 100. Szívesen festett és rajzolt.

pórusok keletkeznek, amelyek a beton szilárdságában nem vesznek részt; feltéve, hogy a beton oly tömören bedolgozható, hogy a fölös víz helyén keletkező pórusokon kívül csak lényegtelen mennyiségű durva pórus marad a betonban. Ezért a víz-cement tényező csak a kis levegőtartalmú képlékeny (értsd alatta: nem földnedves) betonok esetén alkalmazható.”

A cement hidratációjához felesleges, úgy nevezett többlet víz helyén visszamaradó pórusokon kívül egyéb pórust (például zárványt, léghólyagot) is tartalmazó földnedves betonok nyomószilárdságának előrebecslésére a víz+levegő—cement tényezőt kell használni. A víz+levegő—cement tényező a cementkő teljes hézagterfogatóját jellemzi: $r = (M_{\text{Víz}} + V_{\text{Levegő}})/M_{\text{Cement}}$, ahol az M tömeg kg-ban, a V térfogat literben értendő. Az r víz+levegő—cement tényező az x víz-cement tényező és a levegő-cement tényező ($l = V_{\text{Levegő}}/M_{\text{Cement}}$) összege, amely utóbbi a cementkő porozitását fejezi ki azzal, hogy a cement tömegegységére eső pórustérfogatát adja meg. A víz+levegő—cement tényező nem csak a földnedves, hanem az egyéb konzisztenciájú betonok esetén is előnyösen használható a beton várható nyomószilárdságának előrebecslésére (Palotás 1938, 1952).

A portlandcement teljes hidratációjához elvileg 26 tömeg% víz szükséges, az ilyen cementpép cementtartalma 74 tömeg% **Ez nem stimmel, mert az ilyen pép cementtartalma $100 \cdot 1/1,26 = 0,8$, és víz-cement tényezője $26/80 = 0,325$** és víz-cement tényezője $26/74 = 0,35$. Ha a cement anyagsűrűsége például $3,1 \text{ g/cm}^3$, akkor a $0,35$ (**0,325**) értékű víz-cement tényező $26/(74/3,1) = 26/23,9 = 0,35 \cdot 3,1 = 1,09 \approx 1,1$ (**$26/(80/3,1) = 26/25,8 = 0,325 \cdot 3,1 = 1,0075 \approx 1,0$**) víz:cement térfogataránynak felel meg, azaz a teljes hidratációhoz szükséges víz $V_{\text{Víz}} = 100 \cdot x / (x + (\rho_{\text{Víz}}/\rho_{\text{Cement}})) = 52$ térfogat% (**$100 \cdot 0,325 / (0,325 + 1/3,1) = 50,187$ térfogat%**) helyet foglal el a friss cementpépben. Powers és Brownyard (1948) kimutatta, hogy a teljes hidratációhoz szükséges 26 tömeg% vízmennyiség elvi adat, mert a hidratációs termékek helyigénye több mint a hidratálatlan cementé, és a helyszükséglet gyakorlatban csak $0,42$ értékű víz-cement tényező mellett biztosított. A $0,42$ értékű víz-cement tényező közelítőleg $0,42 \cdot 3,1 \approx 1,3$ víz:cement térfogataránynak felel meg. A víz-cement tényező csökkentése a pórustartalom csökkenése folytán akkor is szilárdság növekedéshez vezet, ha víz-, illetve helyhiány miatt a cementkőben a teljes hidratáció nem jön létre (Riesz et al., 1989).

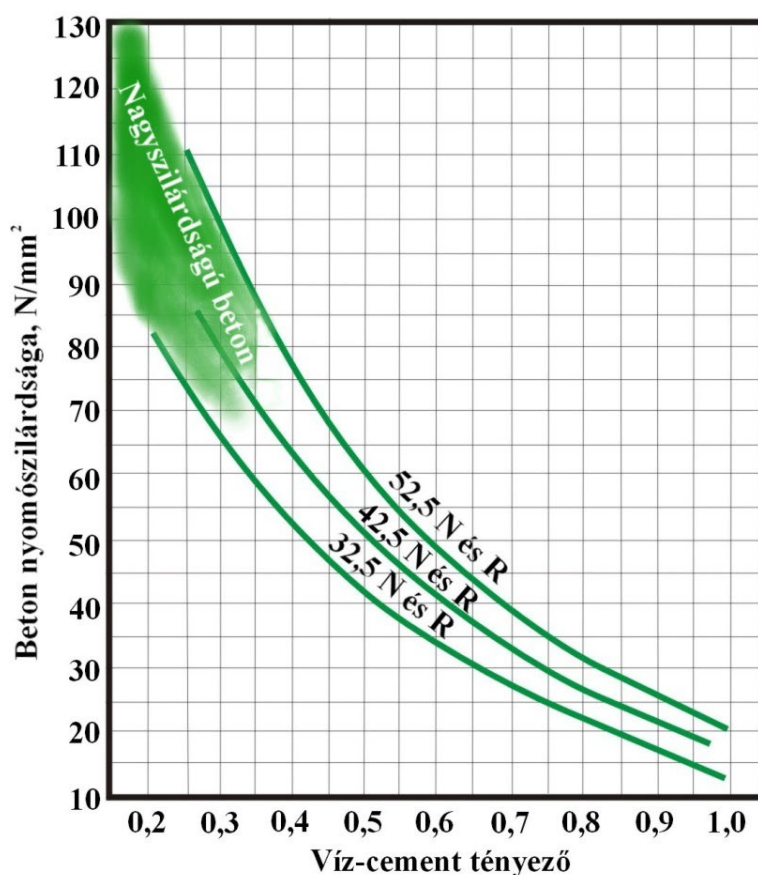
EZT A FENTI RÉSZT MÉG EGYSZER VÉGIG KELL GONDOLNI KÖNYVÜNK ALÁBBI: „Adam-nál (2006) olvashatjuk, hogy Powers és Brownyard (1947-1948) szerint” RÉSZÉ ALAPJÁN. KÉRDÉS, HOGY A FENTI 26 TÖMEG% A PÉPTARTALOM-E VAGY CEMENTRE VONATKOZÓ TÖMEG%-E???

Ujhelyi János (1989 és 2005) megállapította, hogy a cementkő és a megszilárdult beton porozitása a péptelítettségnek és a cementtartalomnak a függvénye. Felvázolta a beton nyomószilárdságának a péptelítettségtől, a beton konzisztenciájától és a víz-cement tényezőtől függő változását.

Spránitz Ferenc (2008) a betonkeverék összetételét a péptartalom és levegőtartalom térfogatarányainak figyelembevételével számítja ki, a péptérfogatba beleértve valamennyi $0,125 \text{ mm}$ alatti méretű szem térfogatát.

Pekár Gyula tanulmányában a pép térkitöltő és a friss beton mozgékonyágát befolyásoló szerepét tekintve minden $0,063 \text{ mm}$ -nél kisebb szemmagyságú alkotóanyagot a pép összetevőjének tekint, függetlenül annak hidraulikus kötőképeségétől (Pekár 2010).

A víz-cement tényező és a beton nyomószilárdság összefüggését különböző cementfajták (MSZ EN 197-1:2011) esetére grafikusán Walz (1970) után a 15.3. ábrán tüntettük fel.



15.3. ábra: A víz-cement tényező és a beton nyomószilárdságának összefüggése 28 napos, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakocka esetén (Walz 1970).

Megjegyzés:

Nagyszilárdságú beton esetén a cement szilárdsági osztálya elveszti a jelentőségét (Heidelberger Zement AG, 2009)

Hazai gyakorlatban az alkalmazandó víz-cement tényezőt (x) a beton tervezett átlagos, 28 napos nyomószilárdságának ($R_{m,150}$, mai jelöléssel $f_{cm,cube,H}$) függvényében, például a Bolomey-Palotás-féle összefüggés alapján (Palotás – Balázs 1980) szoktuk meghatározni (15.4. ábra):

- C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztály esetén
($f_{cm,cube,H} < (25 + 8)/0,92 = 35,9 \text{ N/mm}^2$, mert $f_{cm,cube} = 0,92 \times f_{cm,cube,H}$):

$$x = \frac{1}{\frac{0,94 \times f_{cm,cube,H}}{A} + 0,3}$$

- C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén
($f_{cm,cube,H} \geq (25 + 8)/0,92 = 35,9 \text{ N/mm}^2$, mert $f_{cm,cube} = 0,92 \times f_{cm,cube,H}$):

$$x = \frac{1}{\frac{0,92 \times f_{cm,cube,H}}{A} + 0,3}$$

ahol:

$R_{m,150}$ a beton 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbakockán értelmezett átlagos nyomószilárdsága, N/mm^2

$0,94 = 1/1,06$ a vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú és 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdsága közötti átszámítás szorzója C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztály esetén (lásd a 20.1.2.5. ábrát):
 $f_{cm,cube,200,H} = 0,94 \times f_{cm,cube,H}$

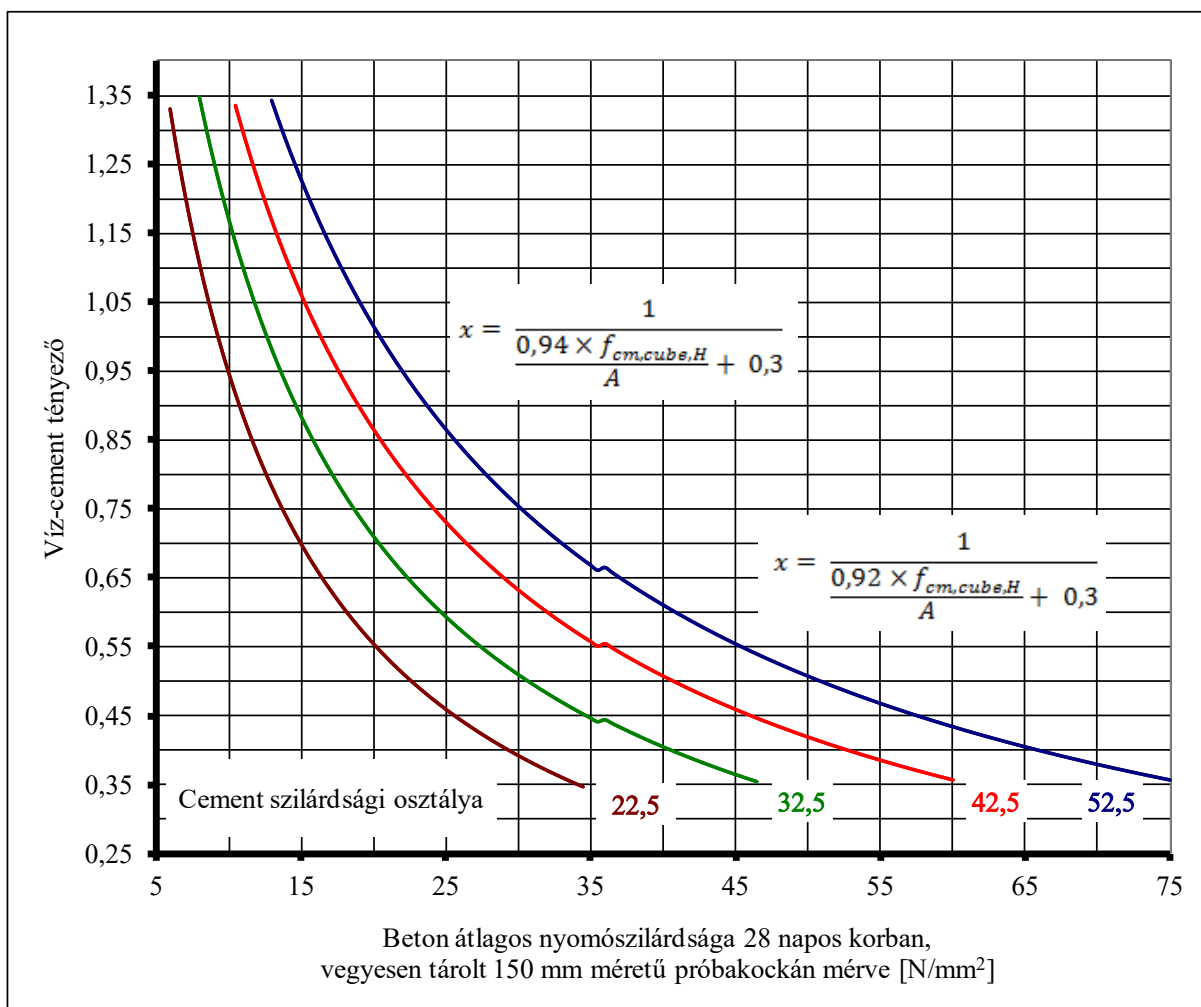
15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

$0,92 = 1/1,09$ a vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú és 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdsága közötti átszámítás szorzója C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén (lásd a 20.1.2.6. ábrát):
 $f_{cm,cube,200,H} = 0,94 \times f_{cm,cube,H}$

A függvény állandó, amelynek értéke CEM 52,5; CEM 42,5; CEM 32,5; CEM 22,5 szilárdságú cement esetén rendre 27,5; 22,0; 17,0; 12,5

Palotás László a víz-cement tényezőhöz tartozó legkedvezőbb cementtartalmat és adalékanyag finomsági modulust a mai értelemben vett CEM 42,5 szilárdsági osztályú cementtel és 24 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített földnedves konzisztenciájú beton x_0 alap víz-cement tényezője (redukált víz-cement tényezőnek is nevezik) függvényében határozta meg (Palotás 1938, 1952, 1961, 1980).



15.4. ábra: A víz-cement tényező a beton nyomószilárdságának függvényében a Bolomey-Palotás-féle összefüggés alapján (Palotás – Balázs 1980). Megjegyzés: Adott víz-cement tényező esetén a Bolomey-Palotás-féle (15.4. ábra) összefüggés kisebb beton nyomószilárdságot ad, mint a Walz-féle (15.3. ábra) összefüggés.

Az x_0 alap víz-cement tényező összefüggése:

$$x_0 = \frac{x}{h \cdot h_0 \cdot h_1}$$

15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

A képletben h a hígítási tényező, h_0 a cement relatív vízszükséglete, h_1 az adalékanyag relatív vízszükséglete. A redukált víz-cement tényező $h \times h_0 \times h_1$ osztója azt fejezi ki, hogy a beton vízigénye hányszorosa a földnedves konzisztenciájú, CEM 42,5 szilárdsági osztályú cementtel és 24 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített beton vízigényének (Palotás – Balázs, 1980). Az x víz-cement tényező tehát az x_0 alap víz-cement tényező és a beton relatív vízigényét figyelembe vevő $h \times h_0 \times h_1$ szorzat szorzata: $x = x_0 \times h \times h_0 \times h_1$.

A h , h_0 , h_1 tényezők értéke a konzisztencia, a cement minősége és az adalékanyag legnagyobb szemnagysága függvényében a 15.1. táblázatban található.

15.1. táblázat: A h , h_0 , h_1 függvényállandók értéke a Palotás-féle betontervezés x_0 redukált víz-cement tényező összefüggésében

Konzisztencia	h	Cementminőség	h_0	$d_{\max}$ mm	h_1
Alig földnedves	0,85	CEM 52,5	0,98	8	1,07
Földnedves	1,00	CEM 42,5	1,00	12	1,04
Kissé képlékeny	1,15	CEM 32,5	1,04	16	1,01
Képlékeny	1,25	CEM 22,5	1,07	24	1,00
Folyós	1,35			32	0,98
Önthető	1,45			63	0,96

Ujhelyi János (1989 és 2005) összehasonlította Feret, Powers, Abrams, Bolomey különböző alakú víz-cement tényező és nyomószilárdság összefüggését, és megállapította, hogy a különböző becslő képletekkel különböző beton nyomószilárdságokat lehet kapni, és az eltérés szélső esetben 8-12 N/mm² is lehet. Az eltéréseket a felhasznált cementek különböző vízerzékenységének tulajdonítja. A cementek vízerzékenységén Ujhelyi azt érti, hogy különböző cementfajták a különböző vízadagolások (különböző víz-cement tényezők) mellett eltérő módon viselkednek, például vannak cementek, amelyek szilárdsága nagyobb vízadagolás mellett gyorsabban csökken, mint más cementeké, és fordítva. A cement vízerzékenységének hatását 0,35; 0,55 és 1,0 értékű víz-cement tényezővel végzett betonkísérletekkel meghatározott függvényegyütthatók („ n ”, „ A ”, „ B ”) alkalmazásával lehet kiküszöbölni az Abrams-féle összefüggésből továbbfejlesztett függvény segítségével, amelynek alakja:

$$f_{\text{cm,cube,H}} = A \cdot e^{-B \cdot x^n} = A \cdot \exp(-B \cdot x^n) \quad [\text{N} / \text{mm}^2]$$

ahol:

$f_{\text{cm,cube,H}}$ vegyesen tárolt, 3 db 150 mm élhosszúságú beton próbakockán meghatározott 28 napos átlagos nyomószilárdság

x víz-cement tényező

A, B, n függvény-állandók a 15.2. táblázat szerint

Az Ujhelyi-féle $f_{\text{cm,cube,H}} = A \times \exp(-B \times x^n)$ függvényt a 15.2. táblázatban szereplő, Ujhelyi-féle (Ujhelyi 2005, pp. 86.) függvény-állandók alkalmazásával a 15.5. ábrán tüntettük fel. Az egyes görbék a CEM 32,5, CEM 42,5 és CEM 52,5 szilárdsági osztályú cementekkel készített betonok nyomószilárdságának határgörbéi.

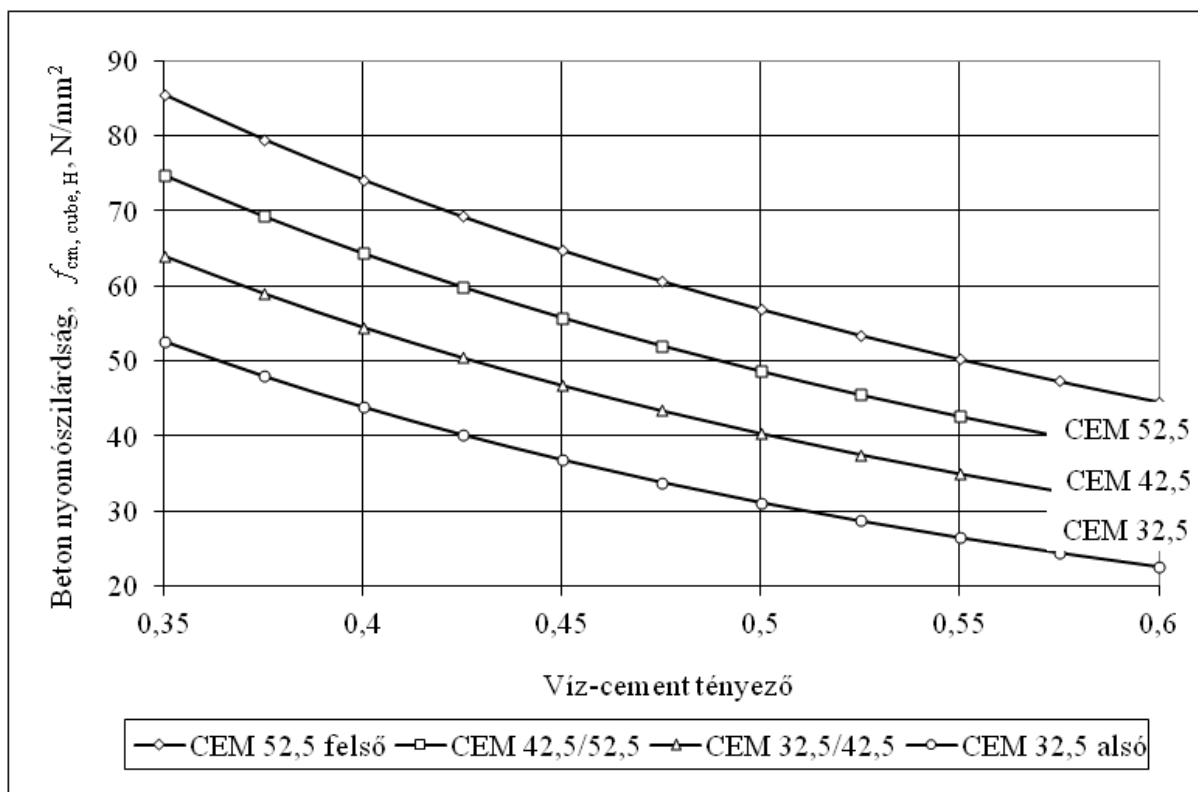
15.2. táblázat: Ujhelyi $f_{\text{cm,cube,H}} = A \times \exp(-B \times x^n)$ alakú, a cementek vízerzékenységét kiküszöbölő nyomószilárdság becslő függvényének együtthatói

Függvényegyüttható	A	B	n
CEM 52,5 felső görbe	470	3,2	0,60
CEM 52,5 és CEM 42,5 közötti görbe	410	3,3	0,63

15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

CEM 42,5 és CEM 32,5 közötti görbe	375	3,5	0,65
CEM 32,5 alsó görbe	355	3,9	0,68



15.5. ábra: Ujhelyi (1989 és 2005) $f_{cm, cube, H} = A \times \exp(-B \times x^n)$ alakú, a cementek vízérzékenységét kiküszöbölő nyomószilárdság becslő függvényének ábrája

A víz-cement tényező nemcsak a beton szilárdságát, hanem szilárdulási ütemét (sebességét) is befolyásolja. A szilárdulási ütem a felhasznált cement fajtájától és a víz-cement tényezőtől függ; minél több aktív kiegészítőanyagot tartalmaz a cement és minél nagyobb a víz-cement tényező, annál lassúbb a szilárdulás. Az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD Q3. táblázatában a beton utókezelésének megkövetelt idejét napban a beton szilárdulási ütemének és a környezeti osztálynak a függvényében adták meg (lásd e könyv 1.9. táblázatát).

A víz-cement tényező korlátozása a tartós beton készítésének feltétele. Ezért az új betonszabványok (MSZ EN 206:2013+A2:2021, MSZ 4798:2016) egyéb feltételek mellett környezeti osztályonként megjelölik azokat a víz-cement tényező határértékeket, amelyek figyelembevételével készített betonok a tervezett 50 év tervezési élettartam alatt a remények szerint károsodás nélkül viselik a környezeti hatásokat. A víz-cement tényező egyedi értéke a határértéknél legfeljebb 0,02-dal lehet nagyobb.

Az MSZ CR 13902:2000 CEN jelentés holland és egyesült királyságbeli tapasztalatok alapján ad módszereket a friss beton víz- és a cementtartalmának vizsgálatára, amelyek eredményéből a friss beton tényleges víz-cement tényezője meghatározható.

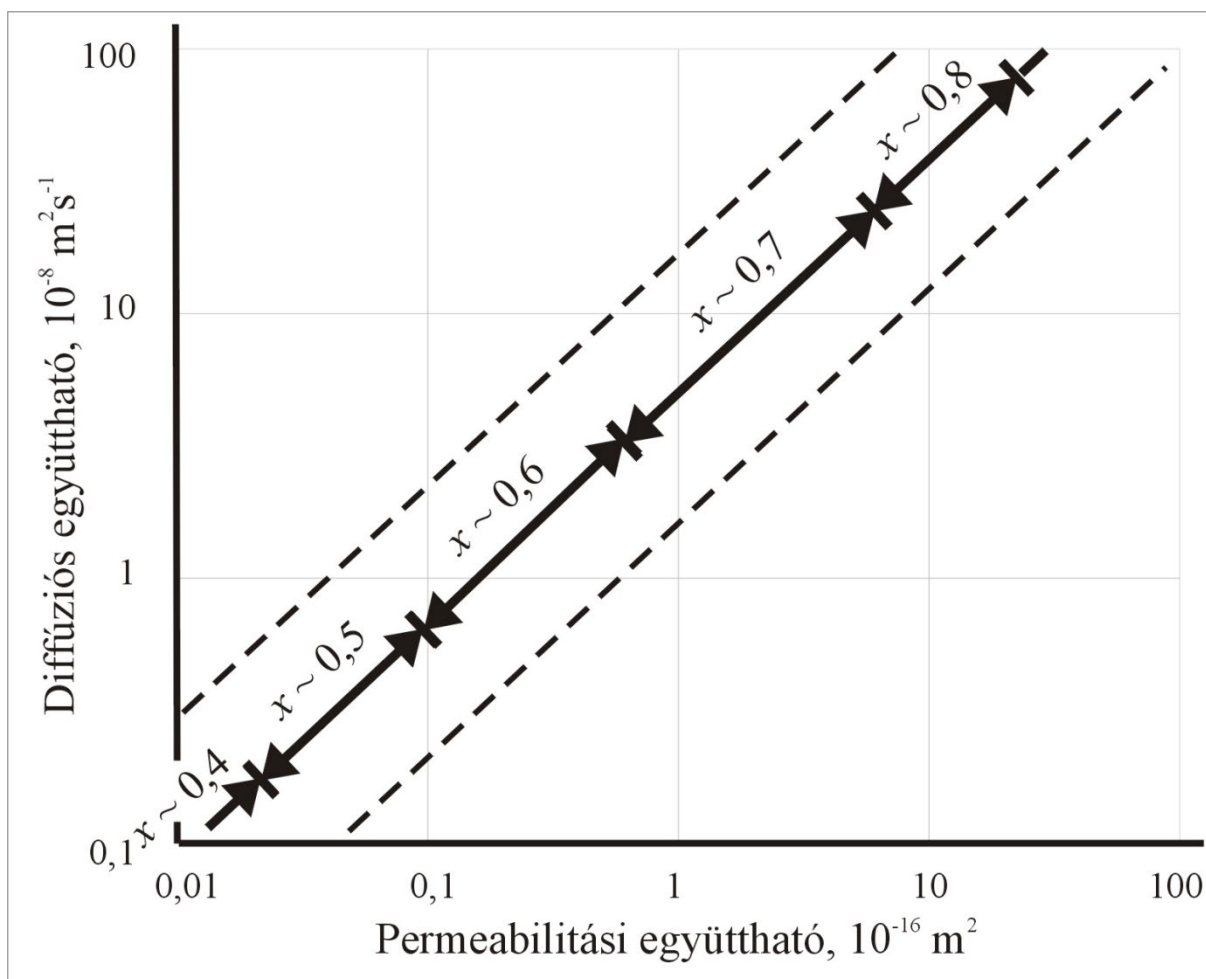
Ma már a beton bedolgozhatóságát korszerű folyósító adalékszerek alkalmazásával kis víz-cement tényező mellett is biztosítani tudjuk. Gröbl – Weigler – Karl (2001) szerint szélső esetben még az $x = 0,3$ víz-cement tényezőjű betonok is kifogástalanul bedolgozhatók.

Nagy cementtartalommal, hatékony kiegészítőanyagokkal és igen kis víz-kötőanyag (x_{eq}) tényezővel készített, nagyszilárdságú betonból épült szerkezetekről számol be az irodalom (König et al., 2001):

- Trianon magasház, Frankfurt am Main, $x_{eq} = 0,33$
- Taunustor Japan Center, Frankfurt am Main, $x_{eq} = 0,30$
- Kastor und Pollux Forum, Frankfurt am Main, $x_{eq} = 0,27 - 0,38$
- Commersbank Zentrale, Frankfurt am Main, $x_{eq} = 0,37$
- Main Tower, Frankfurt am Main, $x_{eq} = 0,27$
- Hollandiai hidak pilonja, $x_{eq} = 0,30$
- Sasbachi (Németország) híd pilonjai, $x_{eq} = 0,32$
- Rudislebeni (Németország) gyalogoshíd, $x_{eq} = 0,34$
- Drezdában a Weißeritz folyó feletti üzemi híd, $x_{eq} = 0,33$
- Lipcsei Karl-Heine-Bogen gyalogos és kerékpáros híd nagyszilárdságú, könnyűbeton pilonjai, $x_{eq} = 0,31 - 0,36$
- Altenheim-Eschau Rajna-híd, $x_{eq} = 0,35$

Ugyanebben a könyvben olvashatjuk, hogy a kis víz-kötőanyag tényezőjű beton keverési ideje akár a 7,5 percet is elérheti, és rendkívül gondos tömörítést és utókezelést igényel.

Lawrence (1984) kísérletekkel bizonyította, hogy a víz-cement tényező csökkenésével a beton diffúziós együtthatója és permeabilitási együtthatója jelentősen lecsökken (15.6. ábra), aminek következtében a beton tartóssága számottevően javul, Lawrence a különböző víz-cement tényezővel készített, Ø50×150 mm méretű próbatesteket 28 napos koruktól tartósan 20 °C hőmérsékletű és 65% relatív páratartalmú térben tárolta, és oxigénáteresztőképességüket 1,5 éves korukban vizsgálta (Gräf – Grube 1986).



15.6. ábra: Lawrence (1984) diagramja a beton víz-cement tényezőjének hatásáról a légszáraz beton oxigénáteresztőképességére (Gräf – Grube 1986)

A trasz, kohósalak, savanyú pernye, savanyú szilikapor kiegészítőanyagok (az úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyagok) bizonyos hányadát a „ k ” érték nevű szorzóval a víz-cement tényezőben akkor szabad számításba venni, ha az alkalmasságukat kísérletekkel megállapították, illetve ha ezek a rájuk vonatkozó szabványnak megfelelnek. Ebben az esetben a víz-cement tényező helyettesíthető a „víz/(cement + $k \times$ kiegészítőanyag) tényező”-vel, amelyet szokás „víz-cement tényező egyenérték”-nek (x_{eq}) vagy „víz-kötőanyag tényező”-nek ($x_{kötőanyag}$) nevezni. A víz-kötőanyag tényező ne legyen nagyobb, mint az adott környezeti osztályra az MSZ 4798:2016 szabvány szerint megengedett legnagyobb víz-cement tényező. A víz-kötőanyag tényező kiszámításához alkalmazható „ k ” érték az MSZ 4798:2016, illetve MSZ4798:2016/2M:2018 szabvány 5.2.5.2. szakasza szerint, például

- pernye esetén: $k = 0,4$
 - 1. osztályú szilikapor esetén $k = 2,0$, de ha az XC és XF környezeti osztályú beton víz-cement tényezője $> 0,45$, akkor $k = 1$;
 - 2. osztályú szilikapor esetén: $k = 1,0$;
 - örölt granulált kohósalakra: $k = 0,6$;
 - metakaolin esetén: $k = 1,0$;
 - természetes puccolán esetén: $k = 0,4$.
- Az osztrák ÖNORM B 4710:2014 szabványban megengedik az adalékanyag belső nedvességtartalmának (W_K Kernfeuchte) figyelembevételét a víz-kötőanyag tényezőben, ha

a belső nedvességtartalom 0,5 tömeg%-nál több, és ha azt nem régebben mint két év akkreditált laboratórium megvizsgálta és igazolta.

- A kis víz-cement tényezőjű betonok alkalmazhatóságának bizonyítéka az ÖNORM B4710-1:2017 szabvány, amely szerint az olvasztósózással kísért vagy anélküli fagyhatás esetén (XF környezeti osztályok) szilikapor kiegészítőanyagot vagy CEM II/A-D szilikapor-portlandcement csak akkor szabad használni, ha a víz-kötőanyag tényező $x_{eq} \leq 0,37$.
- A DIN 1045-2:2008 szabvány szerint az XF4 környezeti osztályban a földnedves konzisztenciájú, $x \leq 0,4$ víz-cement tényezőjű fagyálló betont légbuborékképző adalékszer nélkül is elő szabad állítani.
- Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány előírja, hogy ha a folyadékállapotú adalékszer teljes mennyisége 3 liter/(beton m³) értéknél több, akkor annak víztartalmát be kell számítani a víz-cement tényezőbe.

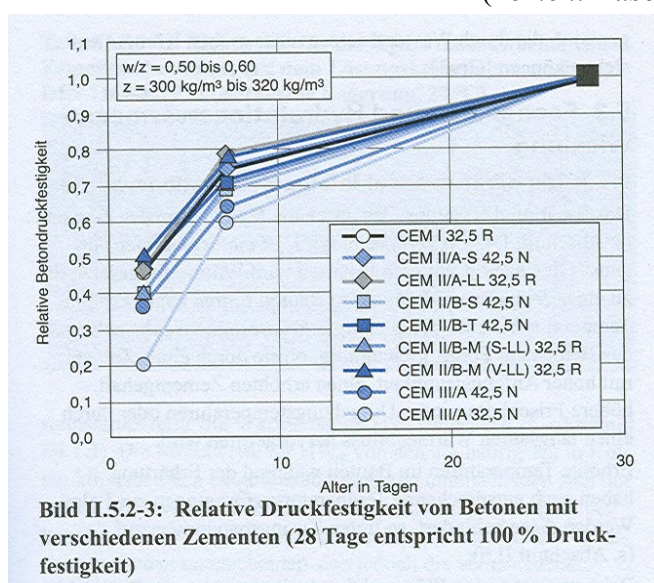
Összegezve: A víz-cement tényező a beton nyomószilárdságának meghatározója. Ezt még folytatni kellene.

16. A CEMENT ÉS A BETON SZILÁRDULÁSI FOLYAMATA³²⁷

A cementet, illetve a betont vízzel keverve a vízmentes klinkerásványok felhasadnak, és a keverővíz egy részét hidroxilgyök alakjában megkötik. Ez a folyamat a *hidratáció*, amelynek során oldhatatlan, szilárd hidráttermékek keletkeznek. A klinkerásványok mindegyike reagál a vízzel, de egymással nem lépnek reakcióba. A hidratáció csak vízzel hozható létre, a cement más folyadékkal keverve nem szilárdul (*Talabér*, 1966), (*Riesz et al.*, 1989). A cementhidratáció modelljét először *Powers* fogalmazta meg 1947-ben, és 1948-ban már *Brownyard* társkutatójaként, majd a modellt maga *Powers* és szerzőtársai (1949, 1953, 1960) továbbfejlesztették, akiket követve későbbi korok számos kutatója újragondolta (*Stark et al.*, 2001), (*Adam*, 2006), (*Nothnagel*, 2007 stb.).

Általános tapasztalat, hogy a beton szilárdulása egy sok-változós folyamat eredménye, és a beton szilárdulásának időfüggvényét befolyásoló független változók egyik legfontosabbika a cementfajtája.

LÁSD AZ ÁBRÁT Az ábra forrása: (*Zement-Taschenbuch*, 2008)



Ezt az ábrát át kell rajzolni.

ábra:.

16.1. PORTLANDCEMENT HIDRATÁCIÓJA

Lásd: *Fontana, P.: 2007*

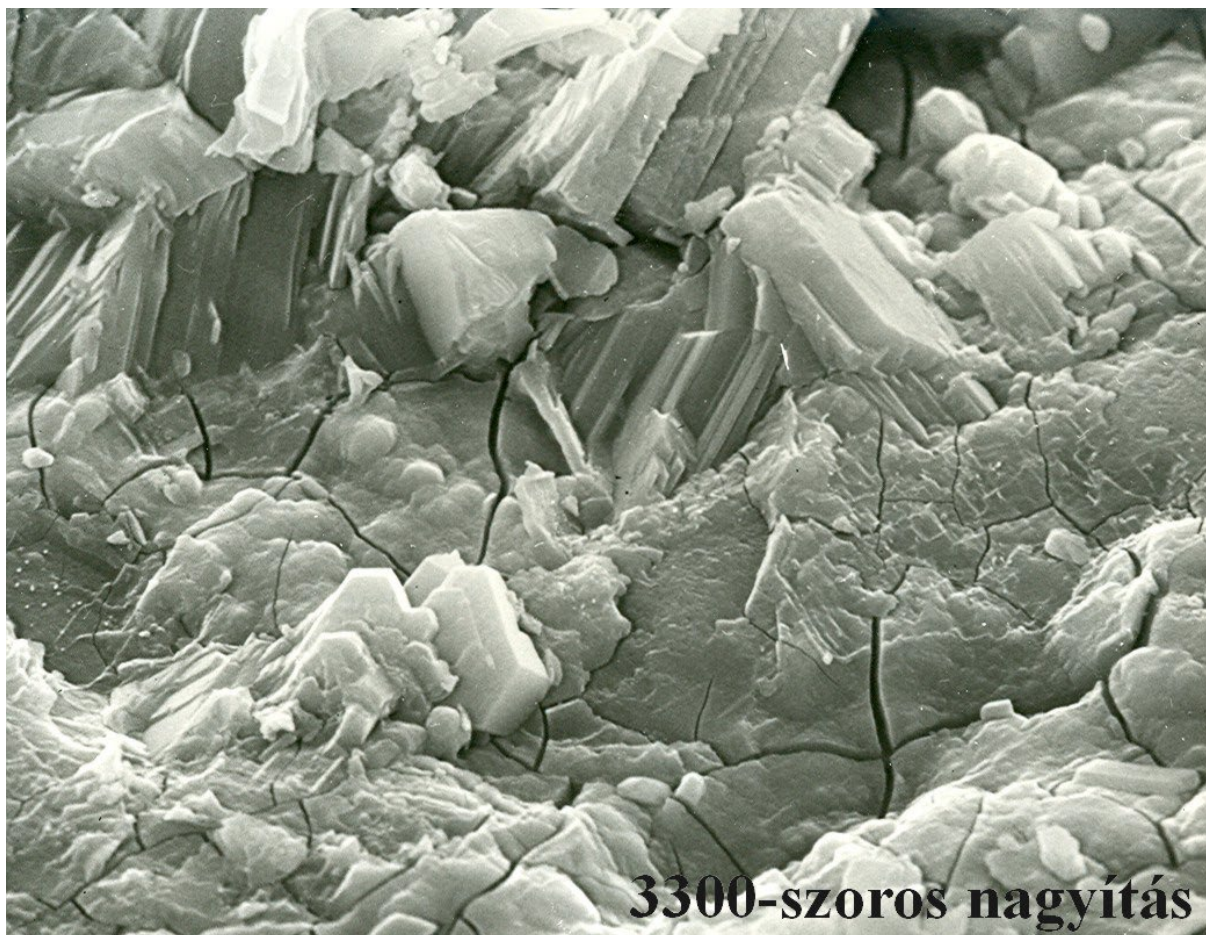
A vízzel való keverést követően kialakuló kalciumhidroxid-kalciumszilikát-kalciumaluminát gélrendszerből szilárd kristályos hidráttermékek válnak ki, és összefüggő vázszerkezetet alkotva kialakul a szilárd cementkő (*16.1. ábra*). A hidratáció a cementszemcse külső felületén létrejövő gélrétegben indul, és halad fokozatosan a szemcse belseje felé. A cementszemcséknek csak egy vékony, néhány mikrométer (10-15 µm) vastagságú felületi rétege hidratálódik. Minél finomabb őrlésű a cement, annál nagyobb az egységnyi cementtömegre eső felület (fajlagos felület), következésképpen nagyobb a vízzel érintkező és így a hidratációban résztvevő klinkerásványok részaránya, és bizonyos határig a cement kialakuló kötőereje, szilárdsága. A hidratációs termékek kialakulásához víz és hely kell, ezért,

³²⁷ A fiatal beton szilárdulási folyamatának modelljeit e könyv II. kötetében a 20.1.9. fejezetben tárgyaljuk.

ha a víz-cement tényező kisebb, mint 0,32-0,36, akkor kellő mennyiségű víz és kapilláris pórus hiányában *gátolt hidratáció* lép fel (Palotás, 1979. 2. kötet).

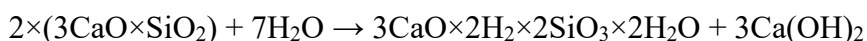
A gélréteg kezdetben duzzad, majd vízvesztés közben a cementkővé szilárduló cementpép (cement + víz) zsugorodik. Ha a zsugorodás folytán ébredő húzóerő a még csak kialakulóban lévő húzószilárdságot meghaladja, akkor a cementkő összerepedezik. A zsugorodás mértéke és a vele járó repedésképződés veszélye a száradás megakadályozásával, a beton gondos utókezelésével csökkenthető.

A klinkerásványok közül az *alit* (trikalcium-szilikát) gyorsan, nagyrészt az első 50 nap alatt, a *belit* (dikalcium-szilikát) lassabban, lényegében 10-90 nap között hidratálódik. A *felit* (trikalcium-aluminát) kezdetben gyorsan szilárdul, majd néhány nap múlva a szilárdulás leáll, sőt a korábban kialakult szilárdság elvész. A *celit* (tetraalcium-aluminát-ferrit) szilárdulása lassú, egyenletesen enyhén emelkedő (16.2. ábra). A hidratáció sebességét a tárolás módja is befolyásolja. A szilikátos alit és belit hidratációjának főterméke a kezdetben csaknem amorf, majd kristályosodó és rendkívül szilárd anyaggá váló kalcium-szilikát-hidrát gél (a kalcium-szilikát-hidrát a természetben, például a Balaton-felvidéken Uzsabányán vagy a Prága-hegyen is előforduló ásvány, amelynek egyik változata a tobermorit: $5\text{CaO} \times 3\text{SiO}_2 \times 5\text{H}_2\text{O}$ vagy $\text{Ca}_5(\text{OH})_2 \times \text{Si}_6\text{O}_{16} \times 4\text{H}_2\text{O}$), mellékterméke a szilárdságot nem adó kristályos kalcium-hidroxid, az úgy nevezett portlandit (16.3. ábra).



16.1. ábra: Portlandcementkő elektronmikroszkópi felvétele

Az *alit* (trikalcium-szilikát) több lépcsős hidratáció eredményeként kalcium-szilikát-hidrattá alakul:

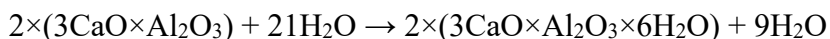


A *belit* (dikalcium-szilikát) és az alit hidratációja között voltaképpen nincs nagy különbség, mert a végtermék azonos:

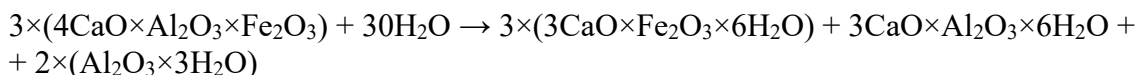


Minél nagyobb a kalcium-szilikát-hidrát gélben a Ca/Si arány, annál kisebb a keletkező portlandit mennyisége. A portlandit heterogén cementek esetén kalciumforrásként működik, és további kötőképes kalcium-szilikát-hidrát gél keletkezéséhez vezet.

A *felit* (trikalcium-aluminát) hidratációjának a folyamat végére kialakuló stabilis végterméke a trikalcium-aluminát-hexahidrát:



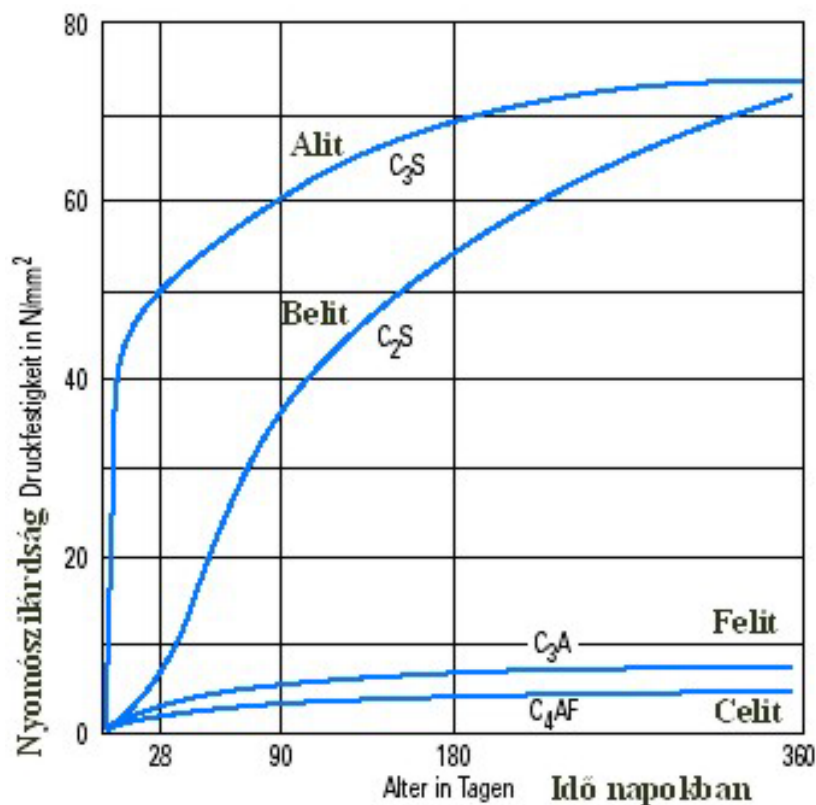
A *celit* (tetra-kalcium-aluminát-ferrit) hidratációja a felitéhez hasonló:



A hidratáció rendkívül bonyolult, összetett folyamat, a fenti összefüggések csak a hidratáció lényegét fejezik ki.

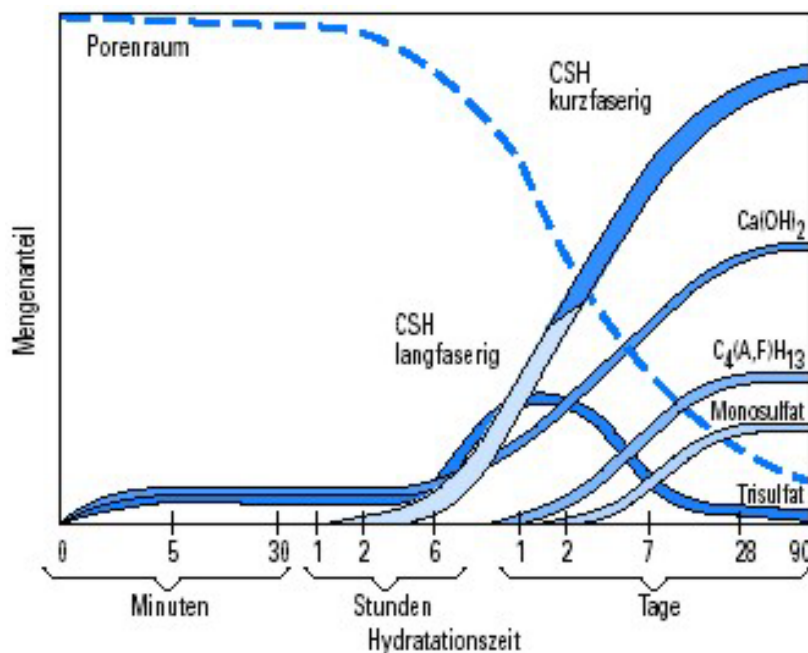
A felit és celit fázist összefoglaló néven „köztes anyag”-nak nevezik, mert a klinker mikroszkópi képén az alit és belit közötti teret tölti ki. Az aluminátos klinkerásványok („köztes anyag”) hidratációját a portlandcementhez kötősszabályozási céllal adagolt gipszkő (kalcium-szulfát, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) befolyásolja, az SO_3 kén-trioxid beépül az aluminát fázisba. A hidratáció során a trikálcium-aluminát kalciumszulfát jelenlétében – melléktermék nélkül – főtermékként kalcium-aluminát-szulfátokká, a természetben is előforduló *ettringitté*, másnéven *trisulfáttá* ($6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) és a természetben elő nem forduló úgy nevezett *monoszulfáttá* ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MS}$) alakul. Sok gipsz jelenlétében ettringit (ezt elsődleges ettringit képződésnek nevezik), kevés jelenlétében monoszulfát képződik, és ezek a trikálcium-aluminát és a szulfácionok arányának függvényében kölcsönösen átalakulhatnak egymásba. Sok szulfát hatására a monoszulfát ettringitté alakul át, sok trikálcium-aluminát hatására pedig fordítva.

A ferritfázis hidratációja során is főtermékként ettringit és monoszulfát keletkezik, csak az alumínium egy részét vas helyettesíti, és a melléktermék alumíniumhidroxid. Későbbi külső szulfátforrás hatására a monoszulfát a betonban ettringitté alakulhat (ez a másodlagos ettringit képződés), ez az átalakulás térfogat növekedéssel jár, és káros duzzadást okoz (ezt szulfátkorrózióknak hívják). (Riesz et al., 1989)



16.2. ábra: Klinker fázisok hidratációs termékének szilárdulási folyamata (Zement-Taschenbuch, 2008)

A hidratációs termékek (hidrátok) szilárdsága az idő függvényében Bogue, R. H. és Lerch, W. után



16.3. ábra: Hidrát termékek képződése (Zement-Taschenbuch, 2008)

Hydrationszeit =

Hidrátációs idő

Minuten = Percek

Stunden = Órák

Tage = Napok

Mengenteil = Részarány

Porenraum = Pórustérfogat

CSH kurzfaserig =

rövidszálú kalcium-szilikát-hidrát

CSH langfaserig =

hosszszálú kalcium-szilikát-hidrát

$C_4(A,F)H_{13}$ = Celit

Adam-nál (2006) olvashatjuk, hogy Powers és Brownyard (1947-1948) szerint 1 g cement legfeljebb $M_{v,n} = 0,23$ g el nem gőzölhető vizet köt meg (víz-cement tényezővel kifejezve x_{el} nem gőzölhető = 0,23). Ez kevesebb, mint a teljes hidratációhoz szükséges víz, amely mint látni fogjuk 1 g cementre vetítve $x_{0,min} = 0,36$ g, illetve $x_{0,min}' = 0,42$. Ha az el nem gőzölhető víz sűrűsége nagyobb a kapilláris víz sűrűségénél ($\rho_{v,szabad} = 1,00$ g/cm³) és értéke $\rho_{v,n} = 1,35$ g/cm³, akkor ennek reciproka az el nem gőzölhető víz fajlagos térfogata: $v_{v,n} = 0,74$ cm³/g. Ha a cement sűrűsége $\rho_c = 3,125$ g/cm³, akkor ennek reciproka a cement fajlagos térfogata: $v_c = 0,32$ cm³/g. Teljes hidratáció esetén az 1 g cementkőben lévő el nem gőzölhető víz térfogata:

$$V_{v,n} = M_{v,n} \times v_{v,n} = 0,23 \times 0,74 = 0,17 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Az 1 g cementből képződő hidratációs szilárd fázis térfogata a cement térfogatának és az el nem gőzölhető víz térfogatának az összege:

$$V_{hc} = V_c + V_{v,n} = 0,32 + 0,17 = 0,49 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Ha 1 g cementből 0,49 cm³/g hidratációs szilárd fázis képződik, akkor 1 cm³ cementből képződő szilárd fázis térfogata $V_{hc}/v_c = 0,49/0,32 = 1,531$ cm³/cm³.

(Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a német szakirodalomban előfordul, hogy a szilárd fázist nevezik cementgélnek → Zementgel.)

A cement hidratációs termékeinek összege alkotja a szilárd fázist és a cementgél. A hidratációs cementgél gelpórusokat tartalmaz. Olykor a cementgél egyszerűen gelpórusnak nevezik, értve alatta a pórusos cementgél. (A gelpórusok átmérője kisebb, mint 0,01 µm, de feltétlenül kisebb, mint 0,1 µm; a pórusméretek megadása szerzőnként eltérő lehet). A cementkő térfogata a szilárd fázis és a gelpórusokat tartalmazó cementgél térfogatának összege. (Ha a vízadagolás, illetve víztartalom nem nagyobb, mint amennyi víz a teljes hidratációhoz szükséges, és az el sem tud párologni, akkor $V_{kapilláris}$ kapilláris pórusok nem keletkeznek, illetve nem törvényszerű, hogy keletkezzenek. Ezeket a kapilláris pórusokat nem szabad összetévesztetni a $V_{zsugorodási}$ zsugorodási pórusokkal.)

A modellalkotók feltételezték továbbá, hogy a 1 cm³ cementkő kb. $v_{GP} = 0,28$ cm³ cementgélből és $(1 - v_{GP}) = 0,72$ cm³ hidratációs termékből áll. Ha 1 cm³ cementből $V_{hc}/v_c = 1,531$ cm³/cm³

hidratációs termék (cementgél) keletkezik, és ez a cementkő térfogatának $(1 - v_{GP}) = 0,72$ része, akkor az 1 cm^3 cementből képződő cementkő X térfogata:

$$X = \frac{V_{hc} / v_c}{1 - v_{GP}} = \frac{V_{hc}}{v_c \cdot (1 - v_{GP})} = \frac{V_c + V_{v,n}}{v_c \cdot (1 - v_{GP})} = \frac{0,32 + 0,17}{0,32 \cdot (1 - 0,28)} = \frac{1,531}{0,72} = 2,126 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$$

Tehát 1 cm^3 cement teljes hidratációja során a keletkező cementkő (cementgél + gélpórus) térfogata $2,126 \text{ cm}^3$. Ha feltételezzük, hogy a keletkező cementkő térfogata a hidratációs fokkal arányos, akkor az előbbi összefüggés a *hidratációs fok* (α) függvényében (teljes hidratáció esetén $\alpha = \alpha_\infty = 1$) a következő alakot ölti:

$$X_\alpha = \frac{\alpha \cdot V_{hc} / v_c}{1 - \alpha \cdot v_{GP}} = \frac{\alpha \cdot V_{hc}}{v_c \cdot (1 - \alpha \cdot v_{GP})} \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$$

Ha 1 cm^3 cement teljes hidratációjából $X = 2,126 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$ térfogatú cementkő képződik, akkor 1 g tömegű cementből $X/\rho_c = v_c \times X = 0,32 \times 2,126 = 0,68 \text{ cm}^3 / \text{g}$ térfogatú cementkő lesz. Az 1 g tömegű cement teljes hidratációhoz szükséges víz mennyisége az 1 g tömegű cementből keletkező cementkő térfogatának és az 1 g tömegű cement térfogatának különbségeként írható fel, és a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényezőként ($x_{0,\min}$) értelmezhető, ha a próbatestet az utókezelés alatt többlet vízhez juthat:

$$x_{0,\min} = v_c \times X - v_c = v_c \times (X - 1) = 0,68 - 0,32 = 0,32 \times (2,126 - 1) = 0,36 \text{ g/g}$$

A kémiai zsugorodás folytán a hidratáció során zsugorodási pórusok ($V_{zsugorodási}$) jönnek létre. Ha teljes hidratáció esetén az 1 g cement által megkötött, el nem gőzölhető víz tömege $M_{v,n} = 0,23 \text{ g/g}$, akkor ennek a víznek a térfogata keverővíz alakjában $V_{v,szabad} = M_{v,n} / \rho_{v,szabad} = 0,23 / 1,00 = 0,23 \text{ cm}^3 / \text{g}$, és el nem gőzölt víz alakjában $V_{v,n} = M_{v,n} / \rho_{v,n} = 0,23 / 1,35 = 0,17 \text{ cm}^3 / \text{g}$. Az 1 g tömegű cement teljes hidratációja esetén létrejövő $V_{zsugorodási}$ zsugorodási pórusok térfogata a hidratációhoz szükséges el nem gőzölt víz térfogat-csökkenéséből adódik:

$$V_{zsugorodási} = V_{v,szabad} - V_{v,n} = (M_{v,n} / \rho_{v,szabad}) - (M_{v,n} / \rho_{v,n}) = M_{v,n} \times \{ (1 / \rho_{v,szabad}) - (1 / \rho_{v,n}) \} = 0,23 - 0,17 = 0,23 / 1,00 - 0,23 / 1,35 = 0,23 \times (1,00 - 0,74) = 0,23 \times 0,26 = 0,06 \text{ cm}^3 / \text{g}$$

Ha 1 g tömegű cement teljes hidratációjakor $V_{zsugorodási,M} = 0,06 \text{ cm}^3 / \text{g}$ térfogatú zsugorodási pórusok keletkeznek, akkor ezeknek a pórusoknak a térfogata 1 cm^3 térfogatú cementre vetítve: $V_{zsugorodási,V} = \rho_c \times V_{zsugorodási,M} = 3,125 \times 0,06 = 0,188 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$.

A vízfelszívástól és párologtatástól fóliatakarással védett („konzervált”) próbatest zsugorodási pórusai levegővel telnek meg. Ha azonban a próbatestet víz alatt tárolják, akkor próbatest zsugorodási pórusai vizet szívnak fel. Ha a víz alatt tárolt próbatest a teljes hidratációhoz szükségesnél ($x_{0,\min}' = 0,42$) kisebb x_0 víz-cement tényezővel készült, akkor a pótlólagosan felszívott víz a készítés kori kis víz-cement tényező ($x_0 < x_{0,\min}'$) ellenére lehetővé teszi a teljes hidratációt. A teória szerint ebben az esetben az 1 cm^3 cementből képződő cementkő térfogata nem X , hanem $V_{zsugorodási,V}$ térfogattal több:

$$X' = X + V_{zsugorodási,V} = X + \rho_c \times V_{zsugorodási,M} = 2,126 + 3,125 \times 0,06 = 2,126 + 0,188 = 2,314 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$$

A nagyobb térfogatú cementkő kialakulásához teljes hidratáció esetén nem $x_{0,\min}$, hanem $x_{0,\min}'$ víz mennyiségre van szükség, amit úgy kapunk meg, hogy az $x_{0,\min}$ fenti összefüggésébe X helyett X' -t írunk:

$$x_{0,\min}' = v_c \times X' - v_c = v_c \times (X' - 1) = v_c \times (X + V_{zsugorodási,V} - 1) = 0,32 \times (2,126 + 0,188 - 1) = 0,36 + 0,06 = 0,42 \text{ g/g}$$

Tehát víz alatt tárolt próbatest esetén az 1 g tömegű cement teljes hidratációhoz felhasznált víz mennyisége, más szóval a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényező értéke $x_{0,min}' = 0,42$.

Ha a hidratáció nem teljes, akkor a hidratációs fokhoz ($\alpha \leq 1,0$) tartozó víz-cement tényező:

$$x_{0,min}',\alpha = \alpha \times x_{0,min}' = \alpha \times v_c \times (X' - 1) = \alpha \times 0,42 \leq x_{0,min}'$$

és az alkalmazott $x_0 \leq x_{0,min}'$ víz-cement tényezőhöz tartozó hidratációs fok:

$$\alpha = \frac{x_{0,min}',\alpha}{v_c \cdot (X' - 1)} = \frac{x_{0,min}',\alpha}{0,42} \rightarrow \frac{x_0}{0,42}$$

Az $x_{0,min}' = 0,42$ értéknél kisebb víz-cement tényezővel (x_0') készült és elegendő pótlólagos vízhez (1,0 g cement esetén: $x_{0,min}' - x_0$) nem jutó cementkő hidratációja nem lehet teljes. Az $x_0 < x_{0,min}' = 0,42$ víz-cement tényezővel készült és víz alatt tárolt, de elegendő pótlólagos vízhez még sem jutó cementkő hidratációs foka ($\alpha' \leq 1,0$) az

$$x_0 = \alpha' \times x_{0,min}' = \alpha' \times (v_c \times X' - v_c) = \alpha' \times v_c \times (X + V_{zsugorodási,V} - 1) = \alpha' \times 0,42 \leq 0,42$$

összefüggésből legfeljebb:

$$\alpha' = \frac{x_{0,min},\alpha'}{v_c \cdot (X + V_{zsugorodási,V} - 1)} = \frac{x_{0,min},\alpha'}{0,42} \rightarrow \frac{x_0'}{0,42}$$

Ha a hidratáció alatt a teljes hidratációhoz szükséges vízből elpárolog, akkor levegő tartalmú kapilláris pórusok maradnak vissza. Ha az alkalmazott x_0 víz-cement tényező a hidratáció α fokához szükségesnél nagyobb ($x_0 > \alpha \times x_{0,min}'$), akkor törvényszerű a $V_{kapilláris}$ fajlagos térfogatú kapilláris pórusok keletkezése, mert az $(x_0 - \alpha \times x_{0,min}')$ vízfelesleg el fog párologni. {A kapilláris pórusok átmérője nagyobb, mint 0,01 μm , de feltétlenül nagyobb, mint 0,1 μm és kisebb, mint 40 μm , de feltétlenül kisebb, mint 150 μm (a pórusméretek megadása szerzőnként eltérő lehet)}. A kapilláris pórusok fajlagos térfogatát cm^3/cm^3 mértékegységben az 1 g cementre vetített $(x_0 - \alpha \times x_{0,min}')$ cm^3/g térfogatú vízfeleslegnek és a cement és keverővíz térfogatösszegének $(v_c + x_0)$ cm^3/g a hányadosa adja:

$$V_{kapilláris} = \frac{x_0 - \alpha \cdot x_{0,min}'}{v_c + x_0} = \frac{x_0 - \alpha \cdot v_c \cdot (X' - 1)}{v_c + x_0} = \frac{x_0 - \alpha \cdot 0,42}{0,32 + x_0} \quad \text{cm}^3 / \text{cm}^3$$

Ha a cementkő 1 cm^3 térfogatából levonjuk a kapilláris pórusok fajlagos térfogatát, akkor a cementkő tömörségét (mértékegység nélkül) kapjuk:

$$t = 1 - V_{kapilláris} = 1 - \frac{x_0 - \alpha \cdot 0,42}{0,32 + x_0} = 1 - \frac{3,125 \cdot x_0 - 1,3125 \cdot \alpha}{1 + 3,125 \cdot x_0} = \frac{1 + 1,3125 \cdot \alpha}{1 + 3,125 \cdot x_0}$$

A cementkő porozitása (mértékegység nélkül):

$$p = 1 - t = V_{kapilláris}$$

A teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében a 16.4. és a 16.5. ábrán láthatók.

A cement hidratáció Powers és Brownyard féle modelljének fenn ismertetett verziója Adam (2006) akadémiai doktori értekezésében található. Az értekezést olvasva lépésről lépésre követhető a modellalkotó cementkutatók gondolkodás módja. A modell főbb elveit és a számítások eredményét hasznos lehet összefoglalni:

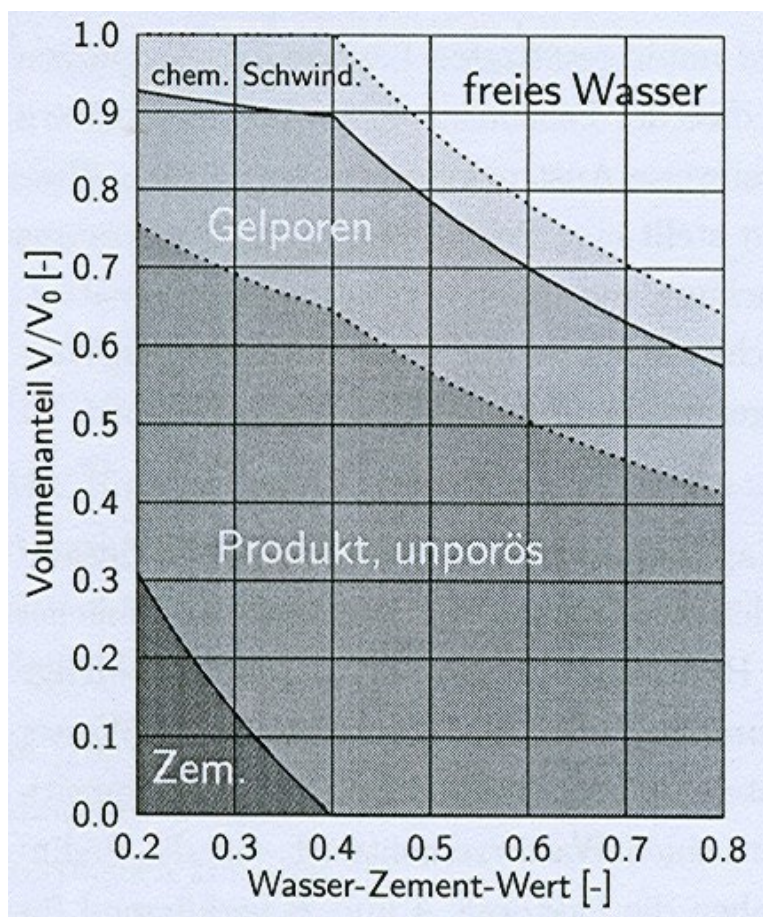
- A cementkő térfogata a teljes hidratáció állapotában kapilláris pórusokat nem tartalmaz, hanem a szilárd fázis és a gélpórusokat tartalmazó cementgél térfogatának összege.
- A cement teljes hidratációjában el nem gőzölhető és elgőzölhető víz is részt vesz, következésképpen a gélpórusokban elgőzölhető víz is van.
- Az el nem gőzölhető víz sűrűsége a belső nyomás folytán $\rho_{v,n} = 1,35 \text{ g/cm}^3$, tehát $1 \text{ g} = 1 \text{ cm}^3$ térfogatú keverővíz fajlagos térfogata a cementkőbe beépülve $v_{v,n} = 1/1,35 = 0,74 \text{ cm}^3/\text{g}$ lesz. E tekintetben nem tesznek különbséget az el nem gőzölhető víz és a gélvíz között.
- 1 g cement legfeljebb $M_{v,n} = 0,23 \text{ g/g}$ el nem gőzölhető vizet köt meg (víz-cement tényezővel kifejezve $x_{\text{el nem gőzölhető}} = 0,23$). Ez kevesebb, mint a teljes hidratációhoz szükséges víz, amely 1 g cementre vetítve $x_{0,\min} = 0,36 \text{ g/g}$, ha a próbatestet az utókezelés alatt vízhez jut.
- 1 g cement által teljes hidratáció során megkötött el nem gőzölhető víz térfogata a cementkőben $V_{wn} = 0,17 \text{ cm}^3/\text{g}$.
- 1 g cementből teljes hidratáció során képződő hidratációs szilárd fázis térfogata $V_{hc} = 0,49 \text{ cm}^3/\text{g}$.
- 1 cm^3 cementből teljes hidratáció során képződő hidratációs szilárd fázis térfogata $V_{hc}/v_c = 1,53 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.
- 1 cm^3 cement teljes hidratációjából képződő cementkő (szilárd fázis + cementgél) térfogata $X = 2,13 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.
- A teljes hidratációhoz szükséges minimális készítési víz-cement tényező – ha a próbatestet az utókezelés alatt vízhez jut – $x_{0,\min} = 0,36$.
- 1 g tömegű cement teljes hidratációjakor $V_{\text{zsugorodási,M}} = 0,06 \text{ cm}^3/\text{g}$ térfogatú zsugorodási pórus keletkezik. Ezeknek a pórusoknak a térfogata 1 cm^3 térfogatú cementre vetítve: $V_{\text{zsugorodási,V}} = \rho_c \times V_{\text{zsugorodási,M}} = 3,125 \times 0,06 = 0,188 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.
- A vízfelszívástól és párologtatástól fóliatakarással védett („konzervált”) próbatest zsugorodási pórusai levegővel telnek meg. Ha azonban a próbatestet víz alatt tárolják, akkor próbatest zsugorodási pórusai vizet szívnak fel. Víz alatt tárolt próbatest esetén az 1 g tömegű cement teljes hidratációhoz szükséges víz mennyisége $x_{0,\min}' = x_{0,\min} + V_{\text{zsugorodási,M}} = 0,36 + 0,06 = 0,42 \text{ g/g}$, más szóval a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényező értéke $x_{0,\min}' = 0,42$.
- Ha a víz alatt tárolt próbatest a teljes hidratációhoz szükségesnél ($x_{0,\min}' = 0,42$) kisebb x_0 víz-cement tényezővel készült, akkor a pótlólagosan felszívott víz a készítés kori kis víz-cement tényező ($x_0 < x_{0,\min}'$) ellenére lehetővé teszi a teljes hidratációt. A teória szerint ebben az esetben az 1 cm^3 cementből képződő cementkő térfogata $X' = 2,31 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.
- Ha az alkalmazott x_0 víz-cement tényező a hidratáció α fokához szükségesnél nagyobb ($x_0 > \alpha \times x_{0,\min}'$), akkor törvényszerű a $V_{\text{kapilláris}}$ fajlagos térfogatú kapilláris pórusok keletkezése, mert az $(x_0 - \alpha \times x_{0,\min}')$ vízfelesleg el fog párologni.
- Teljes hidratációhoz szükséges víz mennyisége a cementnek megközelítőleg mintegy 40 – 42 tömeg%-a (víz-cement tényezővel kifejezve: $x = 0,40$ vagy $0,42$). E cementkő víztartalma például $100 \times 0,42 / (1 + 0,42) = 29,6$ tömeg%. A teljesen hidratált cementkő a cementre vetítve mintegy 25 – 26 tömeg% ($x_k = 0,25$ vagy $0,26$) kémiai (szerkezetileg) kötött, úgy nevezett el nem gőzölhető vizet tartalmaz (az ilyen cementkő kémiai kötött víztartalma például $100 \times 0,26 / (1 + 0,26) = 20,6$ tömeg%), míg a víz másik része a fizikailag kötött, elgőzölhető víz (pórusvíz) 15 – 16 tömeg% ($x_f = 0,15$ vagy $0,16$). E cementkő fizikailag kötött víztartalma például $100 \times 0,16 / (1 + 0,16) = 13,8$ tömeg%.

A fenti $p = V_{\text{kapillaris}}$ képlettel kiszámított kezdeti porozitás (p_0 ; $\alpha = 0,0$), az $\alpha = 0,5$ és $\alpha = 0,7$ hidratációs fokhoz tartozó közbenső porozitás ($p_{0,5}$; $p_{0,7}$) értékeit, valamint a porozitás értékeit a hidratációs egyensúlyi végállapotban ($p_{0,85}$; $\alpha = 0,85$) a 16.1. táblázatban mutatjuk be. Megjegyezzük, hogy Palotás László (1979) Powersre hivatkozva az egyensúlyi végállapothoz tartozó porozításra könyvének 520. oldalán a 16.1. táblázatbelieknél sokkal nagyobb értékeket ad meg.

16.1. táblázat: Cementkő porozitása (p_a) kezdeti, közbenső és egyensúlyi végállapotban a víz-cement tényező (x_0) és a hidratáció fokának (α) függvényében a fenti $p = V_{\text{kapillaris}}$ képlet alapján

x_0	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60
p_0 (ha $\alpha = 0,0$)	0,529	0,549	0,568	0,584	0,610	0,632	0,652
$p_{0,5}$ (ha $\alpha = 0,5$)	0,221	0,254	0,284	0,312	0,354	0,391	0,424
$p_{0,7}$ (ha $\alpha = 0,7$)	0,097	0,135	0,170	0,203	0,251	0,294	0,333
$p_{0,85}$ (ha $\alpha = 0,85$)	0,004	0,046	0,085	0,121	0,174	0,222	0,264

Megjegyzés: Az $\alpha = 0,5$ hidratációs fok közelítőleg 7 napos kornak, az $\alpha = 0,7$ hidratációs fok közelítőleg 28 napos kornak felel meg mintegy 70% relatív nedvességtartalom esetén, Palotás (1979) után.



16.4. ábra: Teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében, ha a próbatest a vízforgalomtól el van zárva

Wasser-Zement-Wert =
Víz-cement tényező

Volumenanteil =
Térfogatarány

Freies Wasser = Szabad víz

Chem. Schwind. =
Kémiai zsugorodás

Gelporen = Porózus gél

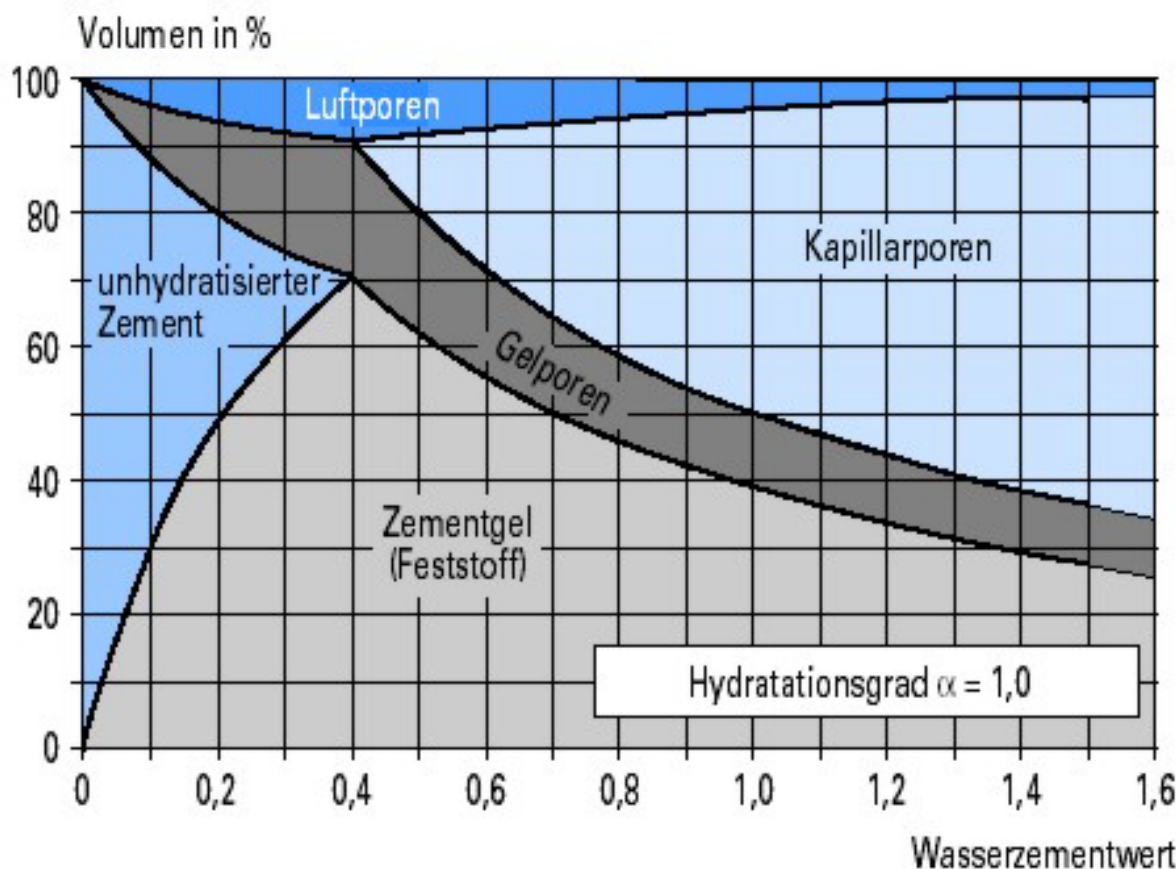
Produkt, unporös =
Szilárd, tömör
hidratációs termékek

Zem. = Hidratálatlan cement
szemek

(Nothnagel 2007)

Más olvasatban: A keverővíznek és a cementkőben lévő elgőzölhető és el nem gőzölhető víz összegének a különbsége a cementkő egyensúlyi víztartalmának kialakulása során elpárolog, és a cementkőben kapillárisokat hagy maga után. A kapillárisok mennyiségének csökkentése, egyben a cementkő, illetve a beton szilárdságának növelése a víz-cement tényező csökkentésével érhető el. Az elgőzölhető víz szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből áll. A gélvizet fizikailag kötött víznek is nevezik. Ha a környező levegő relatív nedvességtartalma

kisebb, mint 40%, akkor a cementkő egyensúlyi állapotban csak kötött vizet, azaz csak kémiai kötött vizet és fizikailag kötött vizet (gélvizet) tartalmaz, és a gélvíz mennyisége csupán a levegő relatív nedvességtartalmától és a hidratációs foktól függ (Palotás, 1979. 2. kötet).



16.5. ábra: Teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében, ha a próbatest a vízforgalomtól el van zárva (Zement-Taschenbuch, 2008)

Wasserzementwert = Víz-cement tényező

Volumen in % = Térfogatarány

Luftporen = Légpórusok

Kapillarporen = Kapilláris pórusok

Gelporen = Porózus gél

Zementgel (Feststoff) = Szilárd, tömör hidratációs termékek

Unhydratisierter Zement = Hidratálatlan cement szemek

Hydratationsgrad = Hidratációs fok

A cement hidratáció számos tényezőtől befolyásolt bonyolult folyamat, ezért a különböző feltételek mellett levezetett klasszikus modellek eredményei egymástól és a kísérleti eredményektől is eltérhetnek, ha nem is nagyságrendileg, csak árnyalatokban. Például Nothnagel (2007) egyetemi doktori értekezésében az áll, hogy Powers és Brownyard kísérletei szerint a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényező – ha a próbatest az utókezelés során további vízhez juthat – 0,38 (fenn $x_{0,min} = 0,36$ érték szerepel), és víz alatti tárolás esetén 0,44 (szemben a fenti $x_{0,min}' = 0,42$ értékkel). Nothnagel azt írja, hogy a teljesen hidratált cementkő a cementre vetítve mintegy 25 tömeg% (víz-cement tényezővel kifejezve: $x_k = 0,25$) kémiai (szerkezetileg) kötött, úgy nevezett el nem gőzölhető vizet tartalmaz (az

ilyen cementkő kémiaileg kötött víztartalma $100 \times 0,25 / (1 + 0,25) = 20$ tömeg%), míg fenn $M_{v,n} = 0,23$ g/g, azaz $x_{\text{kémiaileg-kötött}} = 0,23$ áll, és a víz másik része (pórusvíz, fizikailag kötött víz, elgőzölhető víz), 15 tömeg% ($x_f = 0,15$) a hidratált cementszemcsék közötti pórusokat, hézagokat tölti ki. *Palotás László* (1979) még kisebb értékről írt, szerinte legalább 15–18 tömeg% (víz-cement tényezővel kifejezve: $x = 0,15 - 0,18$) kémiaileg kötött, úgy nevezett el nem gőzölhető víz épül be a cementbe. *Riesz és szerzőtársai* (1989) szerint szokványos portlandcement esetén a teljes hidratáció állapotában a cementkő víztartalma 23–28 tömeg%, ami $x = 23 / (100 - 23) = 0,30$, illetve $x = 28 / (100 - 28) = 0,39$ víz-cement tényezőnek felel meg. Eszerint a teljes hidratáció esetén a kémiaileg és fizikailag kötött víz együttes mennyisége a cementnek megközelítőleg 40 tömeg%-a. Elvileg fenn áll a lehetőség, hogy az $x \leq 0,4$ víz-cement tényezőjű cementkő, illetve beton a hidratáció végén a kapilláris pórusoktól mentes legyen, még ha nincs is minden cementszemcse teljesen hidratált állapotban (*Schwenk*, 2006), például a teljes hidratációhoz szükséges elegendő víz vagy hely hiánya miatt.

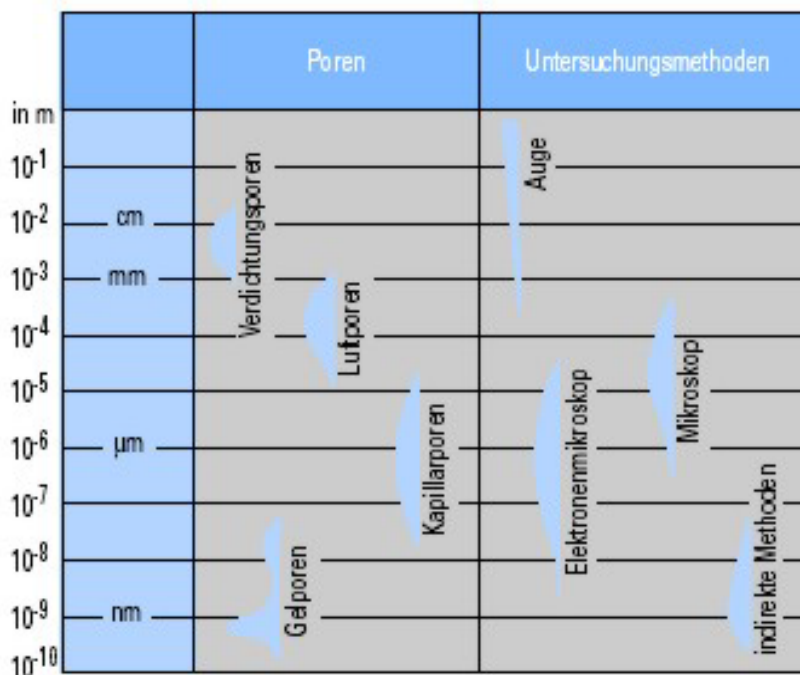
Nothnagel (2007) szerint a teljes hidratációhoz szükséges, alkalmazandó víz-cement tényező a cementkő víztől elzárt állapotában $x_0 \geq 0,4$, mert a cementkőnek utólag nincs lehetősége vízfelvételre; és víz alatti tárolás esetén $x_0 \geq 0,324$, mert a cementkő így lehetőséget kap az utólagos vízfelvételre. *Powers és Brownyard* kísérletek alapján a teljes hidratáció feltételeként víz alatti tárolás esetére $x \sim 0,38$ értékű víz-cement tényezőt jelölt meg, és azon a véleményen volt, hogy $x = 0,32$ alatti víz-cement tényező esetén az összes víz gélvíz formájában van jelen. Ha az utókezelés alatt utólag felvett vizet is figyelembe vesszük, akkor a teljes hidratációhoz tartozó víz-cement tényező $x = 0,44$ értékre adódik.

Kísérletileg a cement hidratációját vízforgalomtól elzárt és vízzel telített cementkő próbatesteken szokták vizsgálni (*Nothnagel* 2007). A vízforgalomtól elzáró utókezelés (versiegelte Lagerung) megelőzi a cementkő korai, egyenlőtlen kiszáradását, és a száradási zsugorodás hatására fellépő mikropedések kialakulását. Az ilyen, úgy nevezett vízforgalomtól elzáró utókezelés során a szorosan polietilén fóliába göngyölt próbatestet epoxi gyantával vonják be, majd alumínium fóliát ragasztanak rá, végül a külső sérülésektől is polietilén fóliával védik meg. Vízzel telítettnek a kizsaluzás után víz alatt tárolt (gesättigte Lagerung) próbatestet tekintik (ezalatt a kis víz-cement tényezőjű próbatest vizet vehet fel).

A portlandcement kémiaileg kötött vízének mennyiségét vagy sztöchiometrikusan (molekulasúly, helyesebben relatív molekulatömeg szerint) számítják vagy az izzítási veszteségből határozzák meg hosszú hidratációs idő elteltével. Fagyasztásos szárítással azt kapták, hogy a kémiaileg kötött víz a vízmentes cement 21 – 24 tömeg%-a. A kémiaileg kötött vízre a cementkővet 11 % relatív nedvességtartalmú térben, 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva azt kapták, hogy az mintegy 34 tömeg%. A különbség abból adódik, hogy a fagyasztásos eljárás során egyes fázisok dehidratálódnak. Ezt fagyasztásos szárításnál 10 – 15 százaléknyi fizikailag kötött víz hozzáadásával szokták figyelembe venni. A kémiaileg kötött víz, a fizikailag kötött víz és a pórusvíz megbízható különválasztására ma tulajdonképpen nincs mérési módszer. Izzítás során a cementkő folyamatosan dehidratálódik. Végül is úgy tartják, hogy teljes hidratáció esetén a kémiaileg és fizikailag kötött víz mennyisége a cement tömegére vonatkoztatva mintegy 40 tömeg%, és ez $x = 0,4$ értékű víz-cement tényezőnek felel meg (*Adam*, 2006).

Ezeknél az eltéréseknél azonban sokkal jelentősebb eltérés van a klasszikus modell adta eredmények és a korszerű, *különleges betonokkal* végzett kísérletek eredményei között, hiszen a mai betontechnológia a korszerű anyagok (például adalékszerek, hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyagok stb.) és gyártási módszerek (például intenzív tömörítés, hőérlelés stb.) alkalmazásával a klasszikus betontechnológia lehetőségeit messze meghaladja. Például ma már – *Powers és Brownyard* után 60 évvel (külföldön korábban) – $x_0 = 0,23$ alatti víz-cement

tényezővel olyan különlegesen tömör betont, illetve finombetont lehet készíteni, amelynek nyomószilárdsága az $f_{ck,cyl} = 150 \text{ N/mm}^2$ értéket is meghaladja (ez az úgy nevezett ultra nagyszilárdságú beton). Például $x = 0,23$ víz-cement tényezővel készített finombetonon higanyporoziméterrel – amelynek ugyan korlátozott a méréstartománya (16.6. ábra) – 6 térfogat% alatti összes porozitást is mérnek (hagyományos, $x = 0,5$ víz-cement tényezőjű beton esetén ez az érték mintegy 12 térfogat%). Az ultra nagyszilárdságú beton hidratációs fokának végértéke a nagyon kis víz-cement tényező folytán $\alpha = 0,4 - 0,6$, és így a kiindulási klinker fázisok egy része hidratálatlan marad. Ez elsősorban a lassabban hidratálódó belitet, adott esetben a nehezebben oldódó szulfát-hordozókat és a reagálatlan szilikaport érinti.



16.6. ábra: Pórusméret vizsgálat mérés-tartománya (Zement-Taschenbuch, 2008)

Verdichtungs-poren =
Tömörítési pórusok
Luftporen = Légpórusok
Kapillarporen =
Kapillaris pórusok
Gelporen = Gelpórusok
Auge = Szemmel
Mikroskop =
Mikroszkóppal
Elektronenmikroskop =
Elektron-
mikroszkóppal
Indirekte Methoden =
Közvetett
módszerekkel

A hidratáció kezdetben általában gyorsabb, majd lassuló, de évekig tartó folyamat, állapotát a hidratációs fokkal szokás kifejezni. A hidratációs fok a levegő relatív nedvességtartalmának, a cementfajtának és a test úgy nevezett kiszáradó átlagos vastagságának a függvénye. A test kiszáradó átlagos vastagsága alatt a test kétszeres térfogatának és kiszáradó felületének hányadosa értendő. A hidratációs fok értéke a hidratáció kezdetén: 0, teljes hidratáció esetén: 1.

Ha a levegő relatív nedvességtartalma kisebb, mint 80 %, akkor a hidratáció általában leáll, ha mintegy 70 %, akkor a hidratációs fok végértéke kb. 0,85. A cementkőben tehát egyidejűleg többé-kevésbé jelen van a képlékeny (plasztikus), folyékony (viszkózus) cementgél és a szilárd, hidratált cementrész. A képlékeny rész alakváltozása részben vagy nagyobb részt maradós, a szilárd rész alakváltozása lényegében rugalmas (elasztikus), így együttesen a cementkő alakváltozása kváziviszkózusnak, a kváziviszkózus cementkőből és a rugalmas adalékanyagból álló beton kétfázisú, elasztoviszkózus vagy elasztoplasztikus anyagnak tekinthető. A képlékeny fázis jelenlétének tudható be a beton kúszása és ernyedése (Palotás, 1979. 2. kötet).

A hidratációs fokot többféleképpen is ki lehet fejezni (Adam 2006; Nothnagel 2007). Érténi lehet alatta például

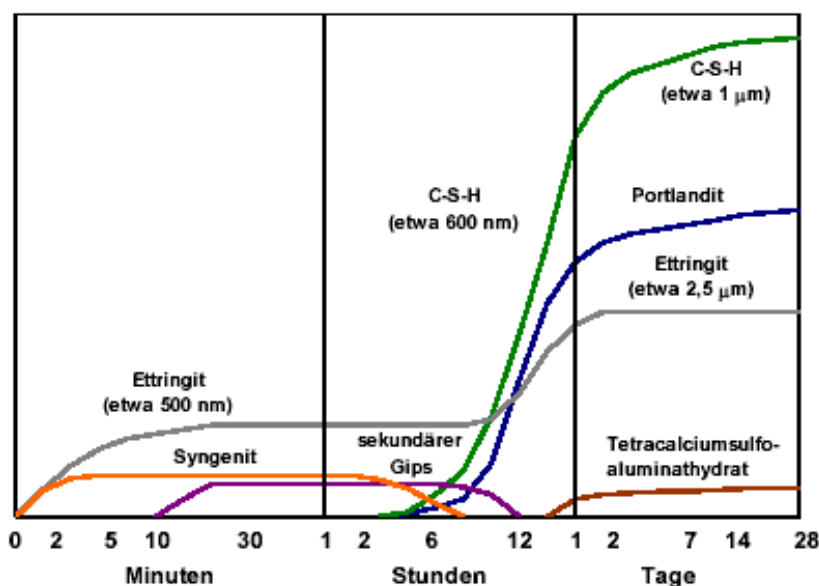
- a már hidratált cement és az összes cement tömegének hányadosát;
- a hidratáció során az adott időpontig fejlesztett hő és a teljes hidratációs hőfejlesztés hányadosát;
- az adott időpontig kémiaiilag kötött víz és a teljes hidratációhoz tartozó kötött víz tömegének hányadosát;

- az adott időpontig keletkezett kalcium-hidroxid és a hidratáció végéig fejlesztett kalcium-hidroxid mennyiségének hányadosát;
- a szilárdság és végszilárdság hányadosát;
- a zsugorodás és a hidratáció végéig fellépő zsugorodás hányadosát.

A hidratáció hőfejlődéssel járó, exoterm folyamat, a fejlődött hő a *hidratációhő*, amelynek mennyisége a cement összetételétől függ. A klinkerásványok közül legnagyobb a trikálcium-aluminát, legkisebb a dikalcium-szilikát hidratációhője. A cement kiegészítőanyagai csökkentik a portlandcementek hidratációhőjét, az aluminátcementek hidratációhője a portlandcementekénél nagyobb. Nyári betonozásnál és különösen tömegbetonok esetén fontos a mérsékelt hőfejlesztésű cementek alkalmazása, mert a nagy hőfejlesztésű cementek nyáron a beton szilárdulási ütemét gyorsítják, konzisztenciáját szárazabbá teszik, vízigényét megnövelik, a tömegbetonok esetén pedig egyenetlen keresztmetszeti felmelegedést okoznak, húzófeszültségeket ébresztenek, és mindkét esetben a beton zsugorodását és repedésérzékenységét növelik.

A hidratáció sebessége és a hőfejlődés nem egyenletes (Talabér, 1966), (Riesz et al., 1989), (Adam, 2006):

- Az első szakasz nagy hőfejlődéssel jár és rövid ideig, legfeljebb 15 percig tart. Megkezdődik az elsődleges ettringit képződés. A pH értéke 12,3 fölé emelkedik;
- Ezt követi a lassú hőfejlődéssel járó, néhány órán át tartó második szakasz, amely lehetővé teszi a friss beton bedolgozását, mert ezalatt a beton még alakítható. A második szakasz lényegében a *Vicat*-féle kötési idő végéig tart;
- A víz hozzáadásától számított 4-8 óra múlva kezdődik a nagy hőfejlődéssel járó harmadik szakasz, amikor a kristálymagok növekedni kezdenek. Megindul a kalcium-szilikát-hidrátok és a kristályos kalcium-hidroxid (portlandit) képződése, és folytatódik az elsődleges ettringit képződés. Kialakul a korai szilárdság;
- A negyedik szakaszban lassul, de még sokáig tart a hidratáció, és csökken a hőfejlődés. Folytatódik a kalcium-szilikát-hidrátok és a portlandit képződése. Kb. 1 napos korban elkezdődik a monoszulfát (tetrakalcium-szulfo-aluminát-hidrát képződés. Az erőteljes szilárdulás általában 28 napos korig tart (16.7. és 16.8. ábra);
- Ezt a szakaszt az éveken át tartó utószilárdulás követi.



16.7. ábra:
Hidrátfázisok
kialakulása a hidratáció
során

Minuten = percek

Stunden = órák

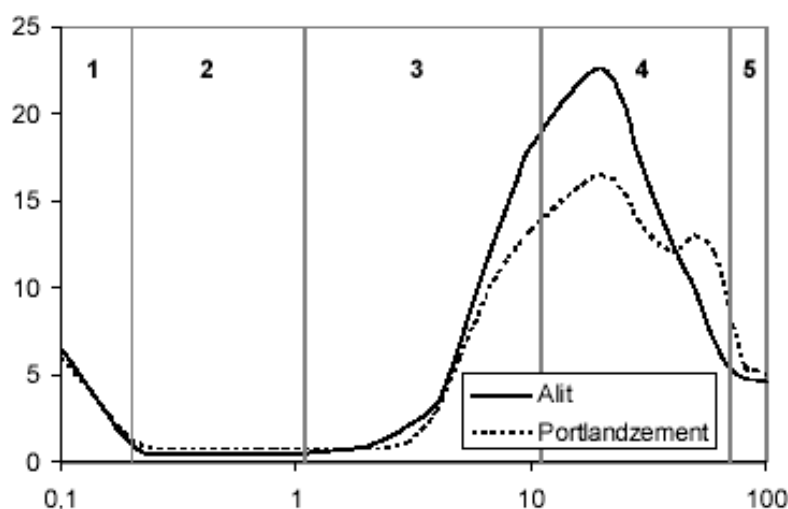
Tage = Napok

C-S-H (CSH) =
Kalcium-szilikát--
hidrátok

Syngenit = Kalium-
kalcium-szulfát-hidrát
($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$)

(Adam, 2006),

(Stark et al., 2003)



16.8. ábra: Hőfejlődés a hidratáció során

A függőleges tengelyen a hőfejlődés J/(g×h) mértékegységben

A vízszintes tengelyen az idő órákban

Az 1-5. számok mit jelentenek?

(Adam, 2006),
(Stark et al., 2000)

A hidratációs termékek képződése a következő hőfejlődéssel jár:

$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ képződése alitból:	520 J/g
$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ képződése belitből:	260 J/g
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ képződése felitből:	1140 J/g
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ képződése felitből:	1670 J/g
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ képződése felitből:	1160 J/g
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O} + 4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ képződése celitből:	420 J/g
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ képződése szabad kalcium-oxidból:	1150 J/g
$\text{Mg}(\text{OH})_2$ képződése szabad magnézium-oxidból:	840 J/g

A különféle típusú cementek hidratációs hőfejlesztése a következő:

Portlandcement:	375 - 525 J/g
Kohósalak-portlandcement:	355 - 440 J/g
Trasportlandcement:	315 - 420 J/g
Olajpala-portlandcement (Baden-Württemberg tartományban gyártják):	360 - 480 J/g
Alumínátcement, például bauxitcement:	545 - 585 J/g

A portlandcement hidratációja során le nem kötött kalcium-hidroxid (portlandit) keletkezik, amely a betonnak lúgos kémhatást (pH ~ 13) kölcsönöz. A le nem kötött (szabad) kalcium-hidroxidot a víz oldja, ezért az a felületen kivirágzás alakjában megjelenhet. (Ennek megelőzésére például a nagy-teljesítőképességű felszerkezeti hídbetonokra vonatkozó ÚT 2-3.423:2008 útgyi műszaki előírás 2008. évi tervezete a felhasználható portlandcement le nem kötött kalciumhidroxidtartalmát 1,5 tömeg%-ban korlátozta.)

A levegővel érintkező beton felületi rétegében viszont a kalcium-hidroxid a levegő szén-dioxid-tartalmával reakcióba lép, és eleinte kalcium-hidrokarbonáttá, majd vízvesztéssel kalciumkarbonáttá (mészkővé) alakul. Ez a jelenség a *karbonátosodás*, amely a beton vagy a cementhabarcs esetén a kapillárisok elzáródása és a szilárdság növekedése szempontjából kedvező, vasbeton vagy feszített vasbeton esetén viszont a lúgos kémhatás megszűnése folytán az acélbetét korróziója szempontjából kedvezőtlen. Ez utóbbi adja a kellő betonfedés jelentőségét.

A le nem kötött kalcium-hidroxid nem tévesztendő össze a cementben esetleg megtalálható szabad kalcium-oxiddal, amely a betonban kalcium-hidroxiddá beoltódva duzzadáshoz és repedések keletkezéséhez vezethet (*mészduzzadás*). A klinkerásványok között szabad magnéziumoxid (periklasz) is található, amely nagyobb mennyiségben duzzadó hajlamú cementet adhat (*magnéziaduzzadás*) (Palotás, 1979. 2. kötet).

Az MSZ EN 197-1:2011 szerint a cement *kloridtartalma* az acélbetét korróziómentessége érdekében általában ne legyen több, mint 0,1 tömeg%.

A kötés szabályozása céljából a portlandcementhez a gyártás során mintegy 3 tömeg%-ban kalcium-szulfátot adnak természetes gipszkő, anhidrit, félhidrát, vagy mesterséges REA-gipsz (Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen: füstgáz-kéntelenítő berendezés az erőművekben) alakjában. Ugyanakkor a cement, illetve a beton túlzott szulfáttartalma másodlagos ettringit („cementbacilus”, kalcium-szulfoaluminát-hidrát, triszulfát, $6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) képződés folytán duzzadást (*ettringit-szulfátkorrózió*, szulfátduzzadás) okozhat (Krenkler, 1980), Benedix (2008), amit emiatt korlátozni kell. A portlandcement megengedett *szulfáttartalma* SO_3 -ban kifejezve az MSZ EN 197-1:2011 szerint a 32,5 N, 32,5 R és 52,5 N szilárdsági osztályban 3,5 tömeg%, a 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R szilárdsági osztályban és a CEM III cementfajta esetén általában 4,0 tömeg%. A monoszulfát hidráttermék ettringitté átalakulását külső körülmények (például szulfátos talajvíz) is befolyásolhatják. Szulfátos talajvíz hatására duzzadással kísért másodlagos ettringit képződés indul el. A ferritben dús, trikálcium-aluminátban szegény cement a szulfátkorrózióra kevésbé érzékeny (Riesz et al., 1989).

A taumazit – amely a természetben is előforduló ásvány: $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ – a másodlagos ettringithez hasonlóan duzzadást és repedést okoz, továbbá a szilikátos hidráttermékek kötőerejét megszünteti („cementvírus”, *taumazit-szulfátkorrózió*, TSA: Thaumate Sulphate Attack). A taumazit betonban kalcium-szilikátokból vagy ettringit közbejöttével kalcium-aluminátokból jöhet létre, elsősorban áramló, szulfáttartalmú talajvizek jelenlétében, karbonátos adalékanyag esetén, 15 °C hőmérséklet alatt, de a cement mennyiségétől és minőségétől, a beton minőségétől, geometriájától, környezeti helyzetétől stb. is függően (Révay et al., 2006).

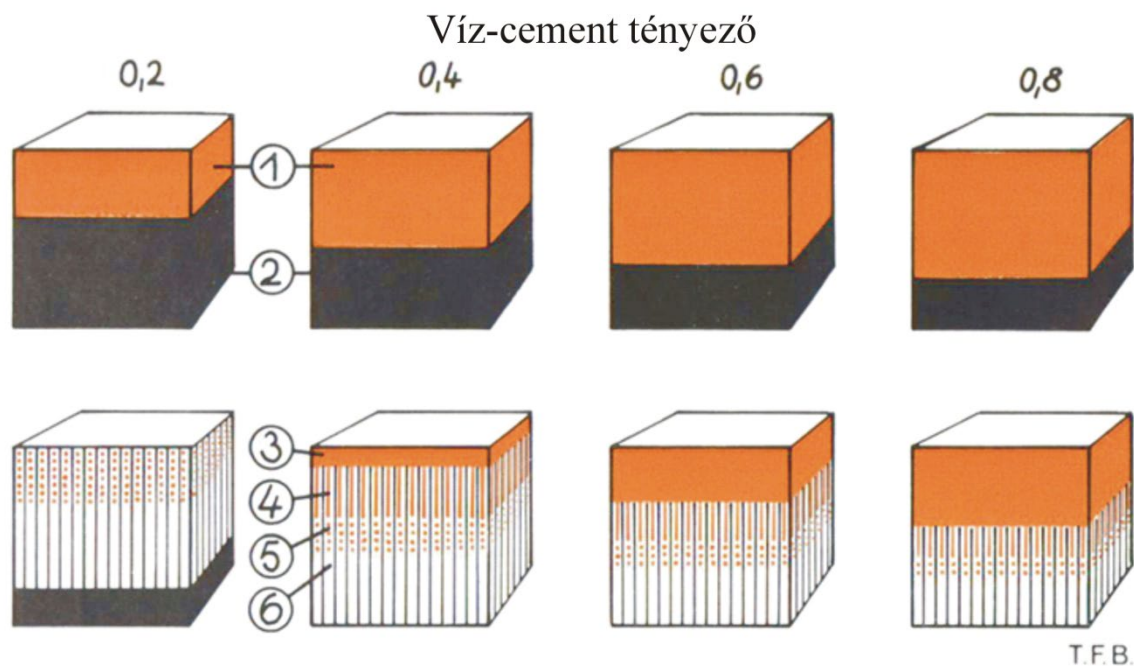
A beton alkálifém-oxid reakciójának elkerülésére a cement *alkálifém tartalmát* szintén korlátozni kell. Kis alkálifémtartalmúaknak azokat a tiszta portlandcementeket és 50 tömeg%-nál kevesebb kiegészítőanyagot tartalmazó heterogén portlandcementeket tekintik, amelyek nátriumoxid egyenértéke (Na_2O tartalom + $0,658 \times \text{K}_2\text{O}$ tartalom) a 0,6 tömeg%-ot nem haladja meg.

Összegezve: Még meg kell írni.

16.2. A VÍZ SZEREPE A CEMENTKŐBEN

A hidratáció során a cementkőbe a cementnek legalább 15 - 18 tömeg%-át kitevő kémiaiilag (szerkezetileg) kötött, úgy nevezett el nem gőzölhető víz épül be. Mondhatjuk tehát, hogy a „kötött víz”-cement tényező általában 0,15 és 0,18 közé esik. Az ilyen cementkő kémiaiilag kötött víztartalma $100 \times 0,15 / (1 + 0,15) = 13$ tömeg%, illetve $100 \times 0,18 / (1 + 0,18) = 15$ tömeg%. A víz másik része a szabad víz (pórusvíz), amely a hidratált cementszemcsék közötti pórusokat, hézagokat tölti ki. A keverővíznek és a cementkőben lévő víznek a különbsége a cementkő *egyensúlyi víztartalmának* kialakulása során elpárolog, és a cementkőben kapillárisokat (pórusszerkezet) hagy maga után. A kapillárisok mennyiségének csökkentése, egyben a cementkő, illetve a beton szilárdságának növelése a víz-cement tényező csökkentésével érhető el. Az elgőzölhető víz a szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből áll. A gélvizet fizikailag kötött víznek is nevezik. Ha a környező levegő relatív nedvességtartalma kisebb, mint 40%, akkor a cementkő egyensúlyi állapotban csak kötött vizet, azaz csak kémiaiilag kötött vizet és fizikailag kötött vizet (gélvizet) tartalmaz, és a gélvíz mennyisége csupán a levegő relatív nedvességtartalmától és a hidratációs foktól függ (Palotás, 1979. 2. kötet). Szokványos portlandcement esetén a teljes hidratáció állapotában a cementkő víztartalma 23-28 tömeg% (Riesz et al., 1989), amely $x = 23 / (100 - 23) = 0,30$, illetve $x = 28 / (100 - 28) = 0,39$ víz-cement tényezőnek felel meg. Eszerint a teljes hidratáció esetén a kémiaiilag és fizikailag kötött víz együttes mennyisége a cementnek megközelítőleg 40 tömeg%-a.

A cementkő vízháztartása a víz-cement függvényében a 16.9. ábrán látható (Trüb 1963).



16.9. ábra: Az egyensúlyi víztartalmi állapotú cementkő vízháztartása a víz-cement tényező függvényében, ha a környező levegő relatív nedvességtartalma > 40% (Trüb 1963).

- ① Keverővíz térfogataránya a cementpépben
- ② A hidratálatlan cementszemcsék térfogataránya a cementpépben és a cementkőben
- ③ Kapilláris víz térfogataránya a cementkőben
- ④ Gélvíz (fizikailag kötött víz) térfogataránya a cementkőben
- ⑤ Kémiaiilag kötött víz térfogataránya a cementkőben
- ⑥ Hidratált cementszemcsék térfogataránya a cementkőben

Adam (2006) a cementkőben lévő vizeket fentieknél árnyaltabban csoportosította:

- *Szabad víz (pórus víz)* folyékony állapotban található a cementkő pórusaiban. A hidratálatlan cement szemek hidratációjához szükséges víz forrása.
- *Fizikailag kötött víz* a hidratációs termékek, elsősorban a gélpórusok szabad felületén található víz. A mennyisége és rétegvastagsága a belső vízgőznyomástól függ. Minél nagyobb a határfelület és a relatív vízgőznyomás, annál több a fizikailag kötött víz mennyisége.
- *Kémiaailag kötött víz* a hidratációs termékek kristály és rétegeközi vize. Minthogy a fizikailag és kémiaailag kötött víz közötti határ pontosan nem definiálható, azt a vizet szokták kötött víznek tekinteni, amely 11 % relatív nedvességtartalmú térben, 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva még a cementkőben marad. (Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton hidrotechnikai tulajdonságait 60±5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva kell vizsgálni.)
- *Adszorpciós víz*, amelyet elektrosztatikus vagy *van der Waals* erők kötnek a határfelülethez. (A *van der Waals* összetartó erő nagyon gyenge.) Minél nagyobb a távolság az adszorpciós réteg és a határfelület között, annál kisebb a kötési energia. A fizikailag kötött víz nagy részét az adszorpciós víz teszi ki.
- *Adhéziós víz* a fizikailag kötött víz része. A vízmolekulák a molekulaközi kölcsönhatás folytán tapadnak a határfelületre.
- *Kapilláris víz* a kapilláris erők hatására a pórusokban, a hidratációs termékek között található. A kötési energia a kapilláris átmérőjével fordítottan arányos. *Adam* szerint a kapilláris vizet lényegében a szabad vízhez kell számítani.
- *Rétegeközi víz* kémiaailag kötött és adhéziós állapotban található a kalcium-aluminát-hidrát ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ és $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) és kalcium-aluminát-szulfát-hidrát fázisok között. Szárítás során általában a szövetszerkezet rombolása nélkül távozik a cementkőből.
- *Elgőzölhető víz* fagyasztásos szárítás vagy 105 °C hőmérsékleten történő szárítás során a cementkőből távozik. Beleértendő a szabad pórus víz, az adszorpciós (fizikailag kötött) víz és a kémiaailag kötött víz egy része.
- *El nem gőzölhető víz* az elgőzölhető víz távozása után a cementkőben marad. Általában az 1000 °C hőmérsékleten meghatározott izzítási tömegveszteséggel fejezik ki, a széndioxid tartalom figyelembevételével. Az el nem gőzölhető víz valamivel kevesebb, mint a kémiaailag kötött víz.

Ajánlott egyéb irodalom: *Talabér* (1966), *Czernin* (1977)

Összegezve: Még meg kell írni.

17. KONZISZTENCIA

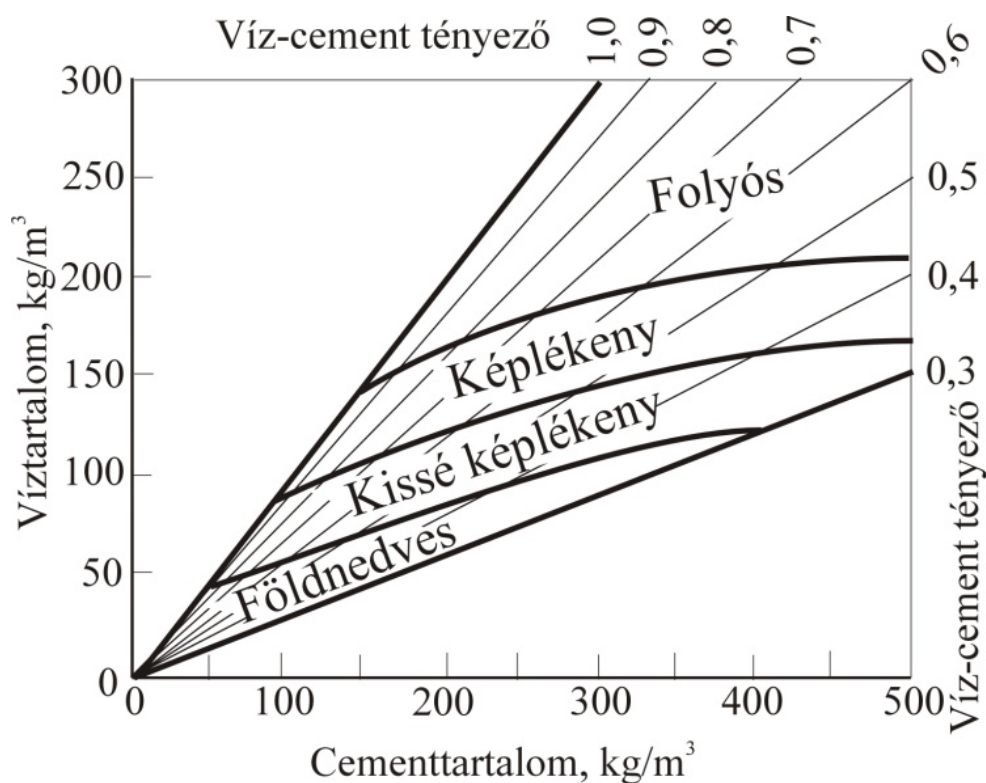
A betonkonzisztencia fizikai, a folyadékok viszkozitásával rokon, gyakorlati betontechnológiai fogalom, amely a friss beton mozgással szembeni ellenállását, belső súrlódását, alaktartását fejezi ki. Mérése egzakt módon körülményes, de mértéke szabványosított gyakorlati mérési módszerekkel viszonylag jól megállapítható.

Az építési körülményeknek és a betontechnológiai feltételeknek megfelelő konzisztencia kiválasztásához és alkalmazásához a betontechnológia tervezőjének, a beton gyártójának és bedolgozójának szoros együttműködésére, laboratóriumi és olykor akár beépítési helyszíni kísérletre van szükség.

Az azonos alapanyagokból, de különböző összetétellel készített és szemre azonos konzisztenciájúnak tűnő betonkeverékek még ugyanazzal a vizsgálóeszközzel mérve is különböző konzisztenciájúnak bizonyulhatnak.

A beton konzisztenciája elsősorban a friss beton keverhetőségét, szállíthatóságát, bedolgozhatóságát, tömöríthetőségét, állékonyságát befolyásolja, de hatással van a beton cement- és vízigényére, kötési-szilárdulási folyamatára, zsugorodására, a megszilárdult beton szövetszerkezetére (struktúrájára), szilárdságára is. A friss beton konzisztenciáját a cement minősége, az adalékanyag anyagtani minősége és szemszerkezete, a keverék összetétele, mint például a víz- és cementtartalom, az adalékanyag finomrésztartalma, az alkalmazott adalékszer minősége befolyásolja.

A víz- és cementtartalom hatását a szokványos beton konzisztenciára a 17.1. ábra szemlélteti.



17.1. ábra: A víz- és cementtartalom hatása a szokványos friss beton konzisztenciájára

A konzisztenciát befolyásoló tényezők kutatásáról és ezzel kapcsolatos gyártóüzemi megfigyelésekről *Pekár Gyula* cikkeiben (*Augusztin – Pekár 2011, Pekár 2011, Pekár 2013*) lehet olvasni.

A konzisztencia javítására, folyósabbá tételére célszerűen – gyakorlatilag általában mindig – nem a vízadagolást kell növelni, ami a szilárdság, zsugorodás stb. szempontjából káros, hanem képlékenyítő vagy folyósító adalékszerrel kell alkalmazni.

A betonkeverék konzisztenciáját a gyártónak és a kivitelezőnek azonos konzisztencia-vizsgáló módszerrel, különös gondossággal kell meghatározni. Az alkalmazandó vizsgálati módszer általában következik a beton jeléből, ellenkező esetben azonban miben létét illetően írásban kell megállapodni.

Mind a tömörítendő (szokványos), mind az öntömörödő beton konzisztenciáját az építési helyszínen is meg szabad határozni, ha az építéshelyi vizsgálat és a referencia-vizsgálatnak számító gyártáshelyi vizsgálat eredménye közötti összefüggést megállapították.

A beton konzisztenciáját a beton felhasználásának vagy transzportbeton esetén a beton átadásának időpontjában kell meghatározni.

Ha a betont mixergépkocsiban vagy esetleg agitátor keverőben (mára gyakorlatilag idejét múlt eszköz) adják át, akkor a konzisztenciát az első ürítésből vett helyszíni mintán lehet megmérni.

17.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK, SZOKVÁNYOS BETONOK KONZISZTENCIÁJA

Tömörítendő betonok a hagyományos szokványos (közönséges, normál) betonok, könnyűbetonok és nehézbetonok.

A szokványos friss betonok alkalmazandó konzisztenciáját a szerkezet jellege, méretei és a betonozás körülményei szabják meg:

Alig földnedves betonnal nagytömegű, vasalatlan vagy esetleg gyengén vasalt szerkezetek, például hídpillérek, gátak, támfalak, útbetonok készítése esetén lehet dolgozni. Előnye a kis cementtartalom, kis hőfejlés, kis zsugorodási hajlam. Az ilyen beton nem szivattyúzható, tartályos járműben szállítható, a szállítóeszközből sokszor nehezen üríthető, ürítéskor lazán szétesik, tömörítéséhez nagyon erős vibrátor vagy döngölés szükséges. Nem alkalmazható sem finoman tagolt, sem átlagosan vasalt szerkezeti elemek, látszóbeton készítéséhez. Konzisztencia osztálya például C0 (12.3. táblázat, 12.3. ábra). Németországban „Sehr steifer Beton”-nak nevezik.

A földnedves beton vasalatlan és gyengén vasalt szerkezetek készítéséhez használható. Nem szivattyúzható, tartályos járműben szállítható, a szállítóeszközből sokszor nehezen üríthető, ürítéskor lazán szétesik, tömörítéséhez erős vibrátor vagy döngölés szükséges. Nem alkalmazható sem finoman tagolt, sem átlagosan vasalt szerkezeti elemek, látszóbeton készítéséhez. Konzisztencia osztálya például C1 (12.3. táblázat, 12.3. ábra). Németországban a földnedves betont régebben „Rüttelbeton”-nak nevezték, ma „Steifer Beton”-nak hívják.

Kissé képlékeny betonból minden vasalatlan és vasalt szerkezet elkészíthető, ha a vasalás nem különösen sűrű. Szállítójárműből ürítve még éppen összeállón esik. Szivattyúzható. Tömörítéséhez vibrátort kell használni. Látszóbeton készítésére is alkalmas. Konzisztencia osztálya például F2 (12.2. táblázat, 12.2. ábra), C2 (12.3. táblázat, 12.3. ábra). Német megnevezése „Plastischer Beton”.

A képlékeny betont sűrűn vasalt szerkezetek készítéséhez lehet használni. Gyenge vibrálással is tömöríthető. Felhasználásával nagy kiterjedésű szerkezetek, mechanikai igénybevételeknek kitett betonok, látszóbetonok is készíthetők. Előnye a szivattyúzhatóság, a könnyű bedolgozhatóság. Jól vibrálható. Hátránya a nagy cementigény, a szétosztályozódási, zsugorodási, kivérzési hajlam. Ma a betonok mintegy 80 %-a ezzel a konzisztenciával készül. A képlékeny beton konzisztencia osztálya például S2 (12.1. táblázat, 12.1. ábra), F3 (12.2. táblázat, 12.2. ábra). Németországban ezt a konzisztenciát régebben KR jelű „Regelkonsistenz”-nek nevezték, ma az F3 területi osztályú betont „Weicher Beton”-nak hívják.

Folyós betonból igen sűrűn vasalt, karcsú, nehezen hozzáférhető szerkezetek is készíthetők. Gyakran víz alatti betonozáshoz alkalmazzák. Folyós betont csak folyósító adalékszerrel szabad készíteni. Mintegy 20 % esésű csőben vagy lejtőn magától folyik, és ürítéskor nagyon lapos kúpot képez. Tömöríteni alig, vagy nem szükséges. Az F5 konzisztencia osztályú betonból készített vékony lemezeket általában különösebb tömörítés nélkül el lehet készíteni, mert a még meglévő nagyobb pórusok a beton felület lehúzása során megszűnnek. Ha a konzisztencia az F4 osztályba tartozik, akkor célszerű a betont vibrópallóval tömöríteni. Pillérek, falak, magas gerendák készítésekor a folyós betont alulról felfelé haladva könnyedén vibrálni kell, és nem például vasrúddal szurkálni. A folyós beton előnye, hogy könnyen szivattyúzható, nehéz körülmények között is gyorsan beépíthető. Hátránya, hogy a folyós beton összetételét igen gondosan kell megtervezni és betartani. Zsugorodása jelentős. A nagyon képlékeny vagy kissé folyós beton (Németországban „Sehr weicher Beton”) konzisztencia osztálya például S3, F4, a folyós betoné (Németországban „Fließfähiger Beton”) S4, F5.

Önthető betonból nagy kiterjedésű szerkezetek gyorsan, könnyen építhetők. Csak folyósító adalékszerrel szabad készíteni. Konzisztenciája annyira híg, hogy öntővályúban is eljuttatható a szerkezet minden részébe. Könnyen szivattyúzható. Az önthető friss beton a levegőtartalmát már a szivattyú feladótölcsérében szinte teljesen elveszti. Az önthető friss beton zsalunyomása jelentős. Az F6 konzisztencia osztályú beton kis hőmérsékleten lassan szilárdul, és gyakran még a C30/37 nyomószilárdsági osztályú önthető beton sem zsaluzható ki a bedolgozást követő napon. Az önthető beton finomrésztartalma nagy, zsugorodása igen jelentős. Konzisztencia osztálya F6. Német megnevezése: „Sehr fließfähiger Beton”.

17.2. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA

A konzisztenciamérés hagyománya közel évszázados, az új európai betonszabványok (MSZ EN 206-1:2002) azonban a XXI. század elején az addigi magyar betonszabványhoz (MSZ 4719:1982) képest megváltoztatták a konzisztencia osztályokat, és a mérési módszerekben is hoztak bizonyos változásokat, sőt az önterülő-öntömörödő betonokra vonatkozólag új konzisztencia osztályokat és vizsgálati eljárásokat vezettek be.

A visszavont MSZ 4719:1982 magyar szabvány az FN, KK, K, F jelű konzisztencia osztályokat ismerte. A konzisztencia mérőszámokat az alig földnedves (AFN) és az önthető (Ö) konzisztencia mérőszámai kivételével az MSZ 4714-3:1986 szabvány függeléke tartalmazta. Az alig földnedves (AFN) és az önthető (Ö) konzisztencia osztállyal az 1978-ig hatályban volt MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány és az 1977-ig hatályban volt MSZ 4719:1958 szabvány foglalkozott, azok más nemzeti és nemzetközi szabványban ma is megtalálhatók.

A konzisztencia mérőszámokat az MSZ 4714-3:1986 vizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszerekkel kellett meghatározni. A *Humm*-féle szondával való konzisztenciamérést az MSZ 4714-3:1986 szabvány függeléke írta le.

Érdekesség, hogy az MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány még a *Graf*-féle behatolási mérték meghatározását és a „kanálpróbát” is tárgyalta.

A szokványos betonoknak az európai szabványok bevezetése előtt hazánkban alkalmazott konzisztencia osztályai és mérőszámai *Palotás László – Balázs György* (1980) táblázata alapján jól áttekinthetők (17.1. táblázat). A 17.1. táblázat a betontervezésben használatos, a földnedves konzisztenciához tartozó x_0 alap víz-cement tényező (redukált víz-cement tényező) kiszámításához szükséges *Palotás*-féle konzisztencia-függő h hígítási tényezőt is tartalmazza.

17.1. táblázat: A szokványos beton konzisztencia osztályai a visszavont, 2002 előtti magyar szabványokban (*Palotás – Balázs* 1980)

Konzisztencia mérőszám megnevezése	Konzisztencia osztályok jele és megnevezése, valamint a mérőszámok határértékei lényegében a visszavont MSZ 4714:1955, MSZ 4719:1958, MSZ 4714-3:1986 szabvány alapján					
	AFN Alig földnedves	FN Földnedves	KK Kissé képlékeny	K Képlékeny	F Folyós	Ö Önthető
Roskadási mérték, mm		< 20	20 - 40	41 - 100	> 100	
Területi mérték, cm		< 36	36 - 42	43 - 50	> 50	
Ejtőkengyeles átformálási ütésszám, db		> 100	51 - 100	16 - 50	8 - 15	< 8
Vebe-méteres átformálási vibrációs idő, s	> 50	50 - 21	20 - 8	7 - 3	≤ 2	
<i>Glanville</i> -féle tömörödési tényező	< 0,70	0,70 - 0,75	0,76 - 0,85	0,86 - 0,92	0,93 - 0,97	> 0,97
<i>Humm</i> -féle behatolási ütésszám, db, ha a $D_{\max} =$	= 16 mm	20 - 16	15 - 6	5 - 3	2 - 1	
	= 32 mm	100 - 51	50 - 21	20 - 11	10 - 6	
<i>Graf</i> -féle behatolás mértéke, cm	0 - 1	1 - 3	3 - 6	6 - 10	> 10	
Kanálpróba ütésszám, db	35 - 25	25 - 15	15 - 5	5 - 2	2 - 0	
<i>Palotás</i> -féle (1980) hígítási tényező, átlag, h	0,85	1,00	1,15	1,25	1,35	1,45
A konzisztencia számjele a régi MSZ 4719:1958 szabványban, a cm-ben kifejezett roskadási mérték alapján						
	0	1	3	10	15	20
Megjegyzések:						
1. Az egyes konzisztencia mérő eszközök a színezett mezők konzisztencia tartományában alkalmazhatók megbízhatóan.						
2. Az egykor legáltalánosabban alkalmazott konzisztencia osztályokhoz és konzisztenciamérési módszerekhez tartozó mérőszámokat vastagon szedtük.						

17.2.1. Roskadási mérték meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Slump-test, német elnevezése: Prüfung von Setzmaß.

A roskadási mérték a régóta és legelterjedtebben használatos konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti és alapul szolgál ma is az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány

szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A roskadás vizsgálatát régebben a mára visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint végeztük, ma az MSZ EN 12350-2:2009 európai szabvány szerint kell végezni.

A roskadásmérés eszköze a roskadásmérő csonka-kúp forma, amelynek átmérője alul 200 mm, felül 100 mm és magassága 300 mm, térfogata 5498 cm^3 (17.2. ábra). A területmérő csonka-kúp ennél alacsonyabb és kisebb térfogatú (17.4. ábra). A szabványos roskadásmérő csonka-kúp formát *Abrams-féle kúp*nak is nevezik, és más konzisztencia vizsgálati módszerekhez, például a szabványos VEBE-méteres átformálás méréséhez is alkalmazzák.



17.2. ábra: Roskadásmérés

A roskadásmérés egykori MSZ 4714-3:1986 és mai MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerinti módszere között van bizonyos eltérés.

A két szabvány eltérően ítéli meg a vizsgálat alkalmazhatóságát. Az MSZ 4714-3:1986 szabvány az FN földnedves, az MSZ EN 12350-2:2009 és az MSZ EN 206-1:2002 szabvány az S5 konzisztencia osztályú beton esetén tartja a módszert pontatlannak, de az S5 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 40 mm.

Az MSZ EN 12350-2:2009 szabványban csak a fenti méretű csonka-kúp szerepel, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a $32 \text{ mm} < d_{\max} \leq 63 \text{ mm}$ esetre másfélszeres méretű kúp használatát írta elő.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonka-kúpot négy rétegben kellett megtölteni betonnal, és összesen $4 \times 25 = 100$ szűrással kellett tömöríteni, MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint a csonka-kúpot három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen $3 \times 25 = 75$ szűrással kell tömöríteni.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal kellett, az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni és megadni.

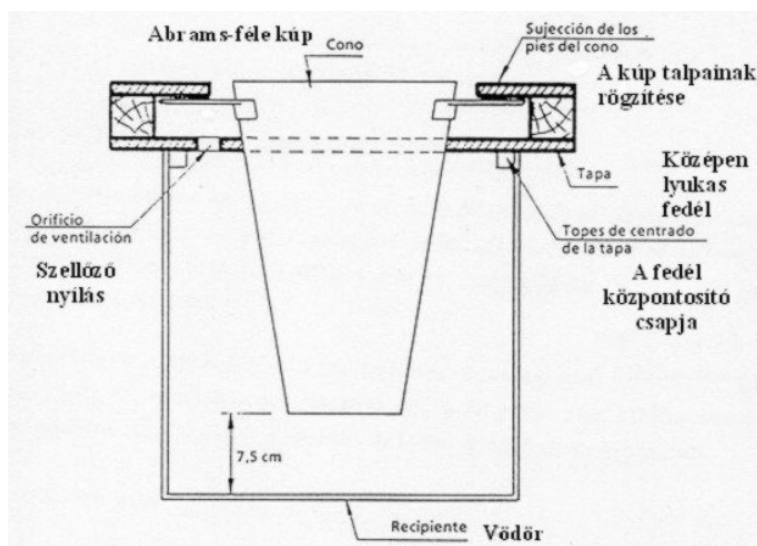
A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adta, míg az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány egy mérés eredményét is elfogadja, de hibás mérés esetére legfeljebb egy ismétlést ír elő.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány egyes mérések és két mérésből álló vizsgálatok esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismerte.

Az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány roskadásmérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két roskadásmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 16 mm;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két roskadásvizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll*, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 11 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy roskadásmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 25 mm;
- ha *két laboráns* összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy roskadásvizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll*, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 22 mm.

Az ASTM C 995:1991 USA és a UNE 83-503:1988 spanyol szabvány érdekes, a $d_{\max} \leq 40$ mm legnagyobb szemnagyságú, nem folyós, *szálerősítésű betonok* konzisztenciájának méréséhez alátámasztott, kisebb nyílásával lefelé fordított, henger alakú tartóedénybe befogott, ASTM C 143:1978, illetve UNE 83-313:1990 szabvány szerinti *Abrams-féle kúpot* alkalmaz (17.3. ábra). A szálerősítésű betont három rétegben, tömörítés nélkül, de hézagmentesen kell a kúpbá tölteni. A beton tetejére 25 ± 3 mm átmérőjű, 7000/perc rezgésszámú tűvibrátort kell helyezni. A tűvibrátort el kell indítani, hagyni kell, hogy a vibrálás hatására a kúpból kifolyó betonnal együtt süllyedjen. Kifolyási mérték az a másodpercben kifejezett idő, amely a tűvibrátor elindításától a kúp kiürüléséig eltelik. Ez azért látszott indokolt eljárásnak, mert a hagyományos roskadás-mérési módszerek – a fent leírthoz elvileg hasonló átformálási VEBE-mérték meghatározáson kívül – a szálerősítésű betonok konzisztenciamérésére nem igen alkalmasak (Kausay 1999). Az ASTM C 995:1991 szabvány utolsó változatát (ASTM C 995-01) 2008-ban visszavonták, és helyettesítő változata nincs.



17.3. ábra: Szálerősítésű beton konzisztencia mérésére fordított Abrams-féle roskadásmérő kúppal az ASTM C 955:1991 és az UNE 83-503:1988 szabvány szerint

17.2.2. Területi mérték meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Flow table test, német elnevezése: Prüfung von Ausbreitmaß.

A területi mérték a régóta és legelterjedtebben használatos konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett szintén alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti és alapul szolgál ma is az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A terület vizsgálatát régebben az MSZ 47143:1986 szabvány szerint kellett, és ma az MSZ EN 12350-5:2019 európai szabvány szerint kell végezni.

A területmérés eszköze a területmérő ejtőasztal és csonka-kúp forma. A területmérő ejtőasztal lapmérete 700×700 mm, és az egyik oldalon 40 mm magasan megemelhető. A területmérő csonka-kúp forma átmérője alul 200 mm, felül 130 mm és magassága 200 mm, térfogata 4341 cm³ (17.4. ábra). A roskadásmérő csonka-kúp ennél magasabb és nagyobb térfogatú (17.2. ábra).



17.4. ábra: Területmérés

A területmérés egykori MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti és mai MSZ EN 12350-5:2019 szabvány szerinti módszere között van bizonyos eltérés.

Mind a két szabvány pontatlannak tartja a módszert az FN illetőleg F1 földnedves konzisztenciák tartományában, az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány az F6 osztályban is, de az F6 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a területét 1,0 cm pontossággal kellett, az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni és megadni, ami bár ugyanannyi, de minthogy a mértékegység prefixuma (előtagja) centi helyett milli, a terület mérőszáma ma a korábbinak tízszerese.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adta, míg az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány egy mérés eredményét is elfogadja, de hibás mérés esetére ismétlést ír elő.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány egyes mérések esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismerte.

Az MSZ EN 12350-5:2019 szabvány területmérési ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két területmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95%-ában kisebb, mint 69 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy területmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95%-ában kisebb, mint 91 mm.

17.2.3. Tömörítési mérték és a tömörödési tényező meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Test the degree of compatibility, német elnevezése: Prüfung vom Verdichtungsmaß

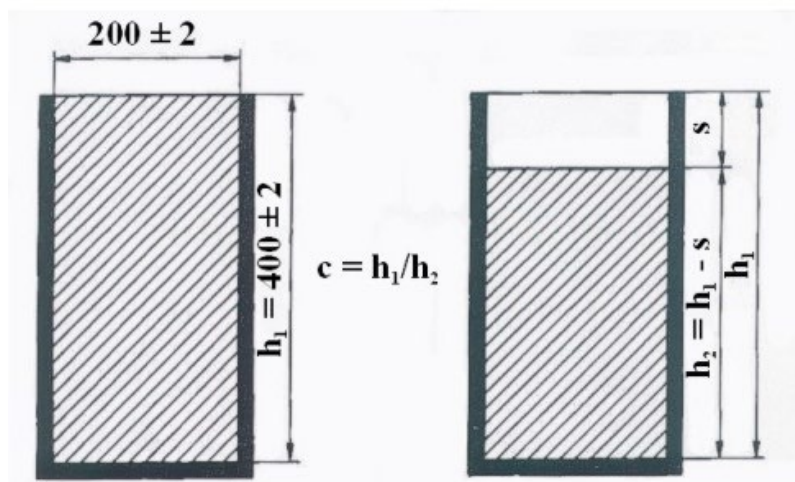
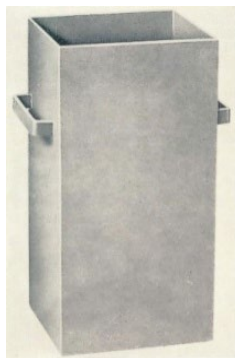
A tömörítési mérték a konzisztencia jellemzők egyike, amely az európai szabványok bevezetése előtt Magyarországon nem volt szabványos. Más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához. A tömörítési mérték vizsgálatát az MSZ EN 12350-4:2019 európai szabvány szerint kell végezni. Az MSZ EN 12350-4:2019 szerinti tömörítési mérték fogalmát a DIN 1048-1:1978 német szabványból *Walz*-féle tömörítési mértékként ismerjük. Vizsgálatával hazánkban nemzeti szabvány nem foglalkozott, bár leírása a 2001. évben érvénytelenített MSZ ISO 4111:1993 nemzetközi szabványban már megtalálható volt.

A vizsgáló eszköz 200×200 mm alapterületű, 400 mm magas fém edény, amelyet lazán meg kell tölteni betonnal, és le kell húzni. Ezután a betont vibroasztalon, vagy merülő vibrátorral tömöríteni kell. A tömörítési mérték a beton eredeti magasságának (400 mm) és mm pontosan megmért tömörítés utáni magasságának két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egyenél nem kisebb szám (17.5. ábra).

Az MSZ EN 12350-4:2019 szerinti tömörítésmérés akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm, és a konzisztencia osztály C1 – C3 közötti. A C4 konzisztencia osztályt csak könnyűbeton esetén szabad alkalmazni. A módszer pontosságára, az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre az MSZ EN 12350-4:2019 szabványban nincs adat.

A tömörítési mérték azt mutatja meg, hogy a laza állapotú beton térfogata a betömörített beton térfogatának hányadosa. Értékét betontervezéskor annak kiszámítására szoktuk használni, hogy a betonkeverőgép dobjában megkeverhető betonadag laza térfogata hányadosa a betonadag betömörítés utáni térfogatának, illetve, hogy a laza betonadag tömege hányadrésze

az ugyanolyan térfogatú betömörített beton tömegének. (Például abból a képlékeny konzisztenciájú betonból, amelynek tömörítési mértéke 1,12 és testsűrűsége friss állapotban, betömörítés után 2400 kg/m^3 , az 800 liter hasznos térfogatú betonkeverő dobban $2400 \times 0,8/1,12 = 1714 \text{ kg}$ tömegű beton adag keverhető meg.)



17.5. ábra: Walz-féle tömörítési mérték mérése



17.6. ábra: Glanville-féle készülék a tömörödési tényező mérésére

A (Walz-féle) tömörítési mértéket nem szabad összetéveszteni a rokon hangzású (Glanville-féle) tömörödési tényezővel. Ennek esélye megvan, hiszen az EN 12350-4:1999 európai forrás szabvány címében szereplő angol „Degree of compactability” kifejezés nemcsak tömörítési mértéknek, hanem tömörödési tényezőnek is fordítható.

A Glanville-féle tömörödési tényező vizsgálatát a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint kellett végezni.

A tömörödési osztályok mérőszámainak határértékei a $d_{\max} \leq 32 \text{ mm}$ legnagyobb szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas 5 dm^3 űrtartalmú hengerrel rendelkező, kisebb Glanville-féle készülékre vonatkoznak, amelynek felső csonkakúpja $\varnothing 260/\varnothing 130 \times 280 \text{ mm}$ méretű (17.6. ábra). A készülék másik, ritkán használt, nagyobb méretváltozata a $d_{\max} \leq 63 \text{ mm}$ legnagyobb szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas, ennek henger-űrtartalma 20 dm^3 , felső csonkakúpja $\varnothing 380/\varnothing 190 \times 410 \text{ mm}$ méretű. A tömörödési tényező a laza és a bevibrált friss beton testsűrűségének két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egynél nem nagyobb szám.

A tömörödési tényező fogalmát *Palotás László* az építőanyagok műszaki értelmező szótárába már 1958-ban felvette (*Palotás* 1958). A *Glanville*-féle tömörödési tényezőt *CF-számnak* is szokták nevezni, az angol „Compacting Faktor” kifejezés kezdőbetűi alapján (BS 1881:1988). Az irodalom a mérőeszközt *Glanville-Rilem*-féle készülék néven is említi (RILEM Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions = Építőanyagok és szerkezetek laboratóriumi vizsgálatának és kutatásának nemzetközi egyesülete).

Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti *Walz*-féle tömörítési osztályoknak a magyar szabványokban nincs, illetve nem volt megfelelője. Minthogy azonban a *Walz*-féle tömörítési mérték közelítőleg egyenlő az MSZ 4714-3:1986 szabványban szereplő *Glanville*-féle tömörödési tényező reciprokával, ez utóbbit az új tömörítési mérték és a régi tömörödési tényező közvetett összehasonlításul használhatjuk.

17.2.4. VEBE-méteres átformálási idő meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Vebe test, német elnevezése: Vebe-Prüfung

A VEBE-méteres átformálási idő a hagyományokkal rendelkező – de a rokadási és a területi mértéknél kevésbé elterjedt – konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti és alapul szolgál ma is az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A VEBE-méteres átformálás vizsgálatát egykor az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint kellett, és ma az MSZ EN 12350-3:2009 európai szabvány szerint kell végezni.

A VEBE-készülék rázóasztalon áll, és az *Abrams*-féle rokadásmérő csonka-kúp alakú friss beton hengerré formálásához szükséges vibrálási idő mérésére alkalmas (17.7. ábra). A berendezés a VEBE megnevezést a svéd *Victor Bährner* nevének kezdőbetűi után kapta, aki konzisztencia vizsgálati módszerét 1940-ben publikálta a német „Zement” c. folyóiratban. A *Bährner*-féle VEBE-méter fő méretei azóta sem sokat változtak. Az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerinti készülék fémtartálya henger alakú, amelynek belső átmérője 240 mm.



17.7. ábra: VEBE-méteres átformálási idő mérés

A VEBE-méteres átformálás vizsgálatának egykori MSZ 4714-3:1986 és mai MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerinti módszer között van bizonyos eltérés.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a módszerrel az összes beton konzisztenciája meghatározható volt, ma az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint csak a V1 - V3 konzisztencia osztályba tartozó betonok konzisztenciája határozható meg, és csak akkor, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb 63 mm-nél.

A forgókar függőleges rúdján az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint mm-es beosztás volt, ma az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint 5 mm-es beosztás van.

Hasonlóan a roskadásméréshez korábban az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonkakúpot négy rétegben kellett megtölteni betonnal, és összesen $4 \times 25 = 100$ szűrással kellett tömöríteni, ma az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen $3 \times 25 = 75$ szűrással kell tömöríteni.

Ha a VEBE-készülékkel a roskadási mértéket is meghatározzuk, akkor az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal mértük, az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint pedig 10 mm pontossággal kell megmérni.

A VEBE átformálási időt 1 másodperc pontossággal kell megadni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adta, míg az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány egy mérés eredményét is elfogadja, de hibás mérés esetére ismétlést ír elő.

A módszer pontosságára, az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre az MSZ EN 12350-3:2009 szabványban nincs adat, a fogalomkört az MSZ 4714-3:1986 szabvány nem ismerte.



A VEBE-méteres átformálási idő vizsgálata tulajdonképpen a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabványban *átformálási ütésszám* meghatározása néven tárgyalt Powers-féle konzisztencia vizsgálat módosított formája. Az átformálási ütésszámot régebben *Powers-foknak* nevezték. Vizsgálati eszköze az ejtőkengyeles készülék volt (17.8. ábra).

17.8. ábra: Ma már nem szabványos ejtőkengyeles készülék az átformálási ütésszám mérésére

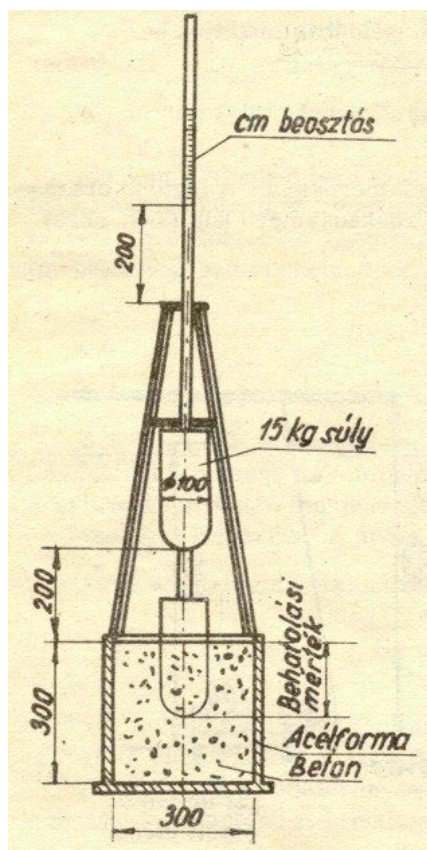
17.2.5. Egyéb hagyományos konzisztencia vizsgálati módszerek

A Humm-féle behatolási mélység mérő szonda (17.10. ábra) elődjének a Graf-féle, máshol Graf-Humm-féle néven említett ejtősúlyos, behatolásmérő készülék tekinthető (17.9. ábra). A Graf-féle ejtősúlyos, behatolásmérő készülék leírása az MSZ 4714:1955 szabványban és a

korabeli irodalomban (Graf, 1950) található, a Humm-féle behatolási mélység mérő szonda használatának szabályait az MSZ 4714-3:1986 a szabványban rögzítették.

A Graf-féle behatolásmérő készülék (angolul: Penetration test according to Graf, németül: Eindringversuch nach Graf) acélállványból és alul félgömbben végződő, 100 mm átmérőjű hengeres acél ejtősúlyból áll, amely utóbbi tömege a vezetőrúddal együtt 15 kg. A Graf-féle behatolásmérő készülék ejtősúlyát 200 mm magasságból kell a 12 kg tömegű döngölő 150 mm magasról végzett rétegenkénti 48 ütésével két rétegben betömörített, acélvonalzóval lehúzott beton felületére szabadon ejteni. A vezetőrúdon cm-ben mért leolvasás adja a behatolás mértékét. A készüléket elsősorban a földnedves és az alig képlékeny betonok konzisztenciájának vizsgálatára használták.

A Humm-féle szonda (angolul: Concrete probe according to Humm, németül: Humm-Sonde, Betonsonde nach Humm) egy 200 mm-t esni képes 0,5 kg tömegű ejtősúllyal ellátott, 500 mm hosszú, 20 mm átmérőjű, összesen 1,0 kg tömegű rúd, amelyet a beton szilárdulási állapotának vizsgálatára szoktak használni. Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a 100 mm mélységű behatoláshoz szükséges ütések száma a behatolási ütésszám, amely jellemző a konzisztenciára. A NEN 2743:2003 norvég szabvány szerint a Humm-féle szonda 25 ejtéshez tartozó behatolási mélységéből következtetni lehet arra, hogy a bedolgozott ipari betonpadlóburkolat simítható állapotba került-e.



17.9. ábra: Graf-féle ejtősúlyos, behatolásmérő készülék (Palotás – Balázs 1980) **17.10. ábra:** Humm-féle behatolási mélység mérő szonda

Az MSZ 4714:1955 szabvány még a végtelenül egyszerű, és a gyakorló betontechnológusok körében ma is népszerű „kőműveskanál próbát” is tárgyalta. Eszerint szabványos kőműveskanállal mintegy 25 cm magasról, könyökből, gyorsan és erélyesen ütésekkel kell mérni a bedolgozatlan, simítatlan, léccel lehúzott beton felületére. A habarcsképződésig szükséges

ütések száma a kanálpróba jellemzője. Fel kell jegyezni, hogy a próba után a felület nyitott vagy habarcsdús, zárt volt-e.

A friss beton nyírási ellenállásával arányos konzisztencia mérőszámot a 17.11. ábrán látható francia rugós plastíciméterrel (Plasticimètre a béton) lehet meghatározni.



17.11. ábra: Rugós plastíciméter a friss beton nyírási ellenállásának méréséhez

17.2.6. Konzisztencia becslés a betonkeverőgép áramfelvétele alapján

Megfelelő műszer alkalmazásával lehetőség van a betonkeverőgép áramfelvételéből a konzisztenciára következtetni. Az áramfelvétel vagy áramfogyasztás [például: kWh/h] az időegység [például: h] alatt végzett elektromos munka [például: kWh], következésképpen a betonkeverőgép áramfelvétele a betonkeverőgépet működtető villamos motor tényleges teljesítményével [például: kilowatt] azonos. A villamos motorok tényleges teljesítményének mérésére teljesítmény-távadókat fejlesztettek ki. A betonkeverőgépbe beépített vagy ahhoz illesztett teljesítmény-távadó a villamos motor mért teljesítményét [például: kW] egyenáramú feszültség-jellé alakítja, és a betonkonzisztométernek nevezett műszeren mV mértékegységben digitálisan kijelzi. A betonkonzisztométeren kijelzett feszültségből [mV] a betonkeverőgép motorjának tényleges teljesítményfelvételét [kW] a

$$P = \frac{P_n}{i_n} \times i$$

képletből számíthatjuk ki, ahol:

P_n = a villamos motor névleges legnagyobb teljesítménye [kW],

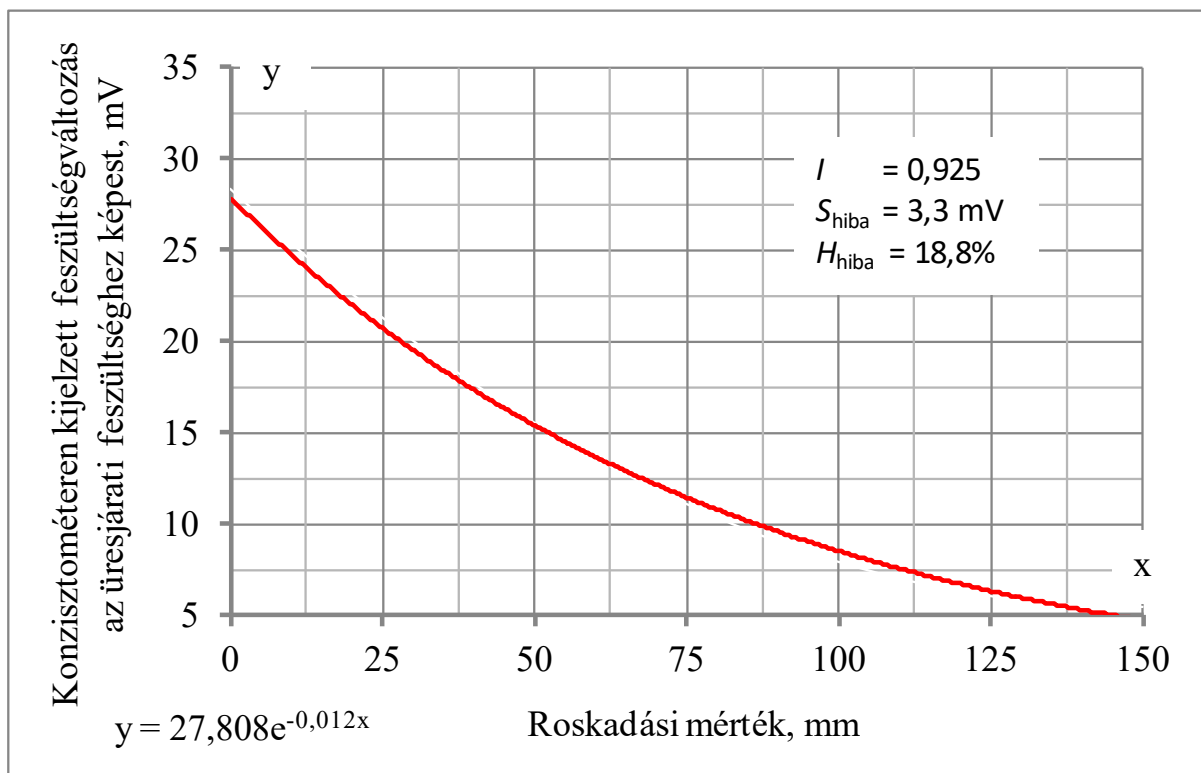
i_n = a teljesítmény-távadó P_n -hez tartozó kimeneti árama [mA],

i = a betonkonzisztométeren kijelzett feszültségérték és az R_m mérőellenállás hányadosa [mV/mA].

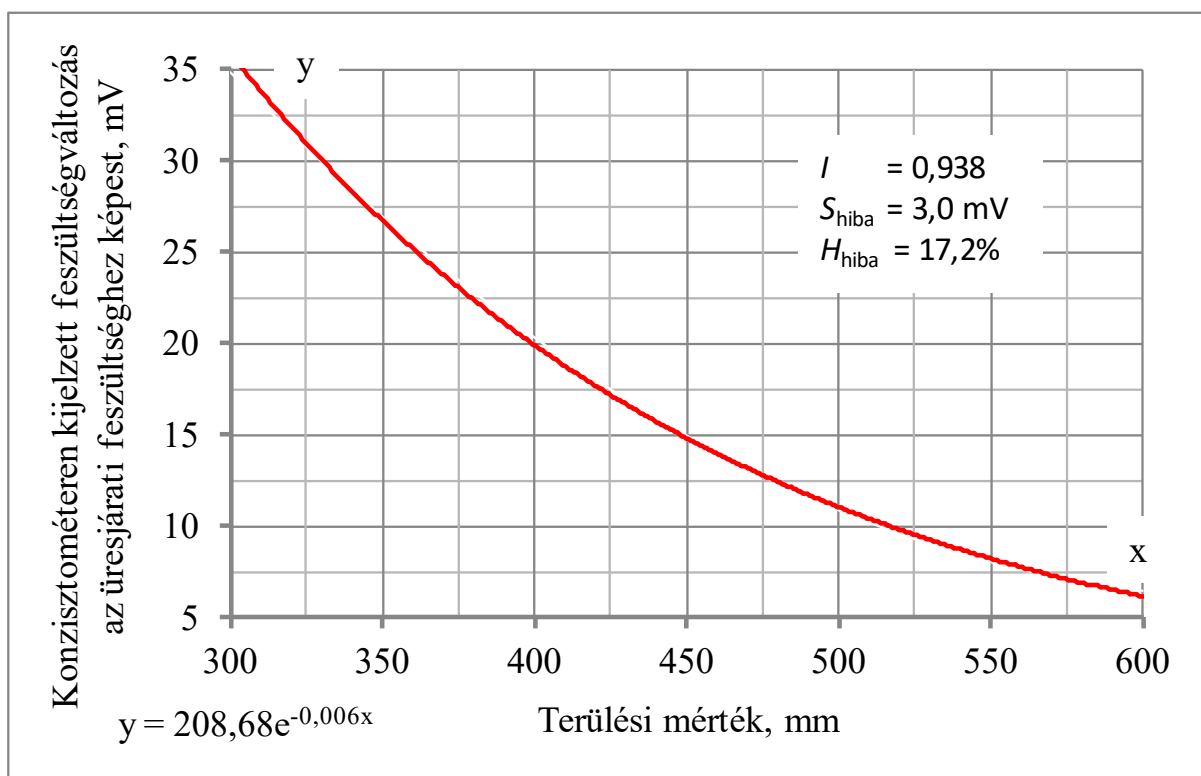
A beton konzisztenciája a betonkonzisztométeren a beton keverése alatt kijelzett feszültség-jel és a betonkeverőgép üresjárata közben kijelzett feszültség-jel különbségével arányos.

Példaként betongyári keverőgépben végzett konzisztométeres kísérletek eredményeit mutatjuk be. A betongyári keverőgép befogadóképessége 2,25 m³, legnagyobb villamos teljesítménye 110 kW, keverési teljesítménye 30-35 m³/óra volt.

A 18-féle kísérleti betonkeverék – amelyek közül három folyósítószer is tartalmazott – CEM II/A-S 32,5 N kohósalak-portlandcementtel (a kísérletek idején 350 kspc 20 jelű cementtel), 120-580 kg/m³ közötti cementadagolással, 0,27-0,63 közötti víz-cement tényezővel, átlagosan 45:55 homok:kavics tömegarányú, MSZ 4713:1955 szerinti körlyukú rostán mért 15 mm (mai négyzetes lyukú szitán értelmezve 12 mm) legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készült.



17.12. ábra: Példa a rokadási mérték és a betonkeverőgép áramfelvételével arányos feszültségváltozás közötti közelítő összefüggésre (Kausay – Szirmai 1979)



17.13. ábra: Példa a területi mérték és a betonkeverőgép áramfelvételével arányos feszültségváltozás közötti közelítő összefüggésre (Kausay – Szirmai 1979)

A betongyári keverőgép konzisztométeren kijelzett feszültségváltozás és a beton MSZ 4714:1955 szabvány 6.2. szakasza szerint meghatározott roszakási mértéke közötti összefüggés a 17.12. ábrán, a konzisztométeren kijelzett feszültségváltozás és a beton MSZ 4714:1955 szabvány 6.8. szakasza szerint meghatározott területi mértéke közötti összefüggés a 17.13. ábrán látható. A 17.12. és 17.13. ábrán I a regressziós függvény korrelációs indexe, S_{hiba} a közelítés standard hibája, H_{hiba} a közelítés relatív hibája (Kausay – Szirmai 1979).

17.3. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJA

A hagyományos önthető betonból nagykiterjedésű szerkezetek gyorsan, könnyen építhetők. Konzisztenciája annyira híg, hogy öntővályúban is eljuttatható a szerkezet minden részébe. Az önthető beton finomrésztartalma nagy, zsugorodása igen jelentős.

Az önthető beton különleges fajtája az *önterülő és öntömörödő beton* (SCC = Self-compacting Concrete), amely az önterülőképeséget nem a nagy vízadagolásnak, hanem a különleges összetételnek – megfelelő finomszem-víz térfogatarány (mintegy 1,1-1,4 közötti, kísérletileg meghatározandó érték), mintegy 200–420 kg/m³ finomrésztartalom (például mészköliszt, pernye), megfelelő cementtartalom (250-400 kg/m³), a 0,125-4,0 mm közötti homokszemek megfelelő térfogataránya a habarcsban (mintegy 40%), a 4 mm feletti kavicsszemek megfelelő hézagtérfogata (mintegy 50 térfogat%), mintegy 1,5-2,0 térfogat% levegőtartalom, megfelelő (előnyösen polikarboxilat-éter alapú) folyósító adalékszer-tartalom – köszönheti, miáltal jórészt mentes a hagyományos önthető beton egyébként hátrányos tulajdonságaitól. ugyanakkor az öntömörödő beton a szokványos betonnál általában repedésérzékenyebb és kevésbé fagyálló.

Az önterülő és öntömörödő beton konzisztencia vizsgálati módszerei a hagyományostól eltérnek.

Az öntömörödő-önterülő beton konzisztenciáját az MSZ EN 206-1:2004 szabvány nem tárgyalta. A 2010-ben érvénybe lépett MSZ EN 206-9:2010 európai szabványban az öntömörödő betonra már megfogalmaztak az MSZ EN 206-1:2004 európai betonszabványhoz tartozó kiegészítő szabályokat, majd végül az MSZ EN 206-9:2010 szabványt beépítették az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványba.

Így az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és az MSZ 4798:2016 szabvány tartalmazza az öntömörödő beton konzisztencia osztályait, és előírja az öntömörödő beton konzisztenciájának és ülepedési hajlamának MSZ EN 12350-8...-11 szabványsorozat szerinti vizsgálatát.

Az öntömörödő beton készítése és vizsgálata „DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton”, röviden „DAfStb-Richtlinie SVB” (Berlin, 2012) német műszaki irányelvnek is tárgya. Az öntömörödő beton szétterülésének, ülepedésének és szétosztályozódási hajlamának vizsgálatára a szabványokon és műszaki irányelveken kívül is dolgoztak ki különleges konzisztencia vizsgálati módszereket (Krüger 1999; Kordts – Breit 2003; Zsigovics³²⁸ 2003).

A 2002-ben megjelent osztrák ÖVBB-Merkblatt Selbstverdichtender Beton” című műszaki útmutatóban az öntömörödő betonból készített látszóbeton készítésének feltételeivel is foglalkoznak.

³²⁸ Zsigovics István PhD (1949, Ivánc – 2015, Budapest), okleveles építőmérnök, betontechnológus, címzetes egyetemi docens, a BME Építőanyagok Tanszékének, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének oktatója és kutatója. Építőmérnöki diplomát 1975-ben, műszaki doktori fokozatot 1984-ben, PhD fokozatot 2003-ban szerzett. Rendkívül széleskörű kutatási tevékenységből a repedésmentes betonok, a betonok törési tönkremeneteli folyamata, a laboratóriumi szilárdságvizsgálatok, az acélszál erősítésű betonok, a cementek és a betonadalékszerek alkalmazása, az öntömörödő betonok kutatását emeljük ki, de nem volt kisebb jelentőségű az építéshelyi betontechnológiai tanácsadói szerepe sem.

17.4. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA**17.4.1. Roskadási terület és t_{500} roskadási területi idő meghatározása**

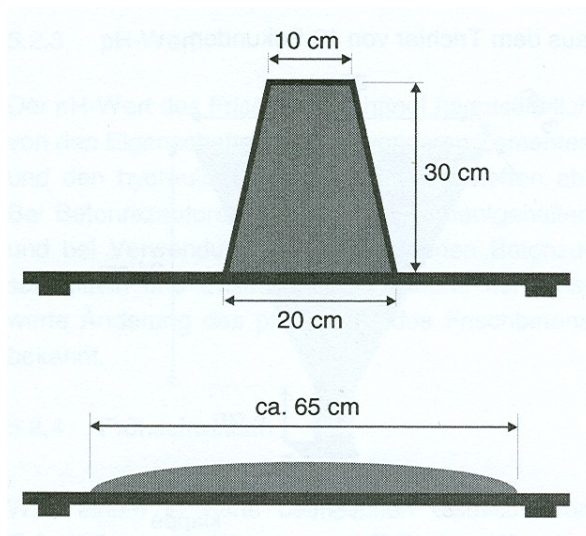
A vizsgálat angol elnevezése: Slump-flow test, német elnevezése: Setzfließversuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-8:2019 szabvány szerint kell elvégezni. A DAfStb-Richtlinie SVB:2012 műszaki irányelv M melléklete a vizsgálati módszer változatát tartalmazza.

A vizsgálat során az MSZ EN 12350-2:2009 szerinti roskadásmérő kúpot központosan a legalább 900×900 mm élhosszúságú fémalaplapon közepére karcolt 210±1 mm átmérőjű körbe kell helyezni, tömörítés nélkül meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd függőlegesen fel kell emelni. A kúp felhúzásával a beton súlyánál fogva szétterül. Az SF roskadási területi mértéket a lepény két egymásra merőleges átmérőjének átlaga adja mm-ben (17.14. ábra).

Az MSZ EN 12350-8:2019 szabvány roskadási területmérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett két roskadási területmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $600 \leq SF \leq 750$ esetén 42 mm és $750 < SF$ esetén 22 mm;
- ha két laboráns (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett egy-egy roskadási területmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $600 \leq SF \leq 750$ esetén 43 mm és $750 < SF$ esetén 28 mm.



17.14. ábra: Roskadási terület az MSZ EN 12350-8:2019 szabvány szerint. A felső ábrán a roskadásmérő kúp, az alsó ábrán a roskadási terület mértékét (Setzfließmaß) adó betonlepény látható (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001)

A terület első sorban a friss öntömörödő beton folyási határértékének függvénye, kisebb folyási határértékhez nagyobb területi mérték tartozik. A folyási határérték a beton folyásához szükséges legkisebb nyírófeszültség. A folyási határérték főképp a finom részek betonban való diszperzitásának mértékétől függ, és leghatékonyabban folyósító adalékszerrel csökkenthető.

A vizsgálati módszerrel be lehet állítani az öntömörödő beton optimális folyósítószer adagolását, és meg lehet határozni szétosztályozódási hajlamát.

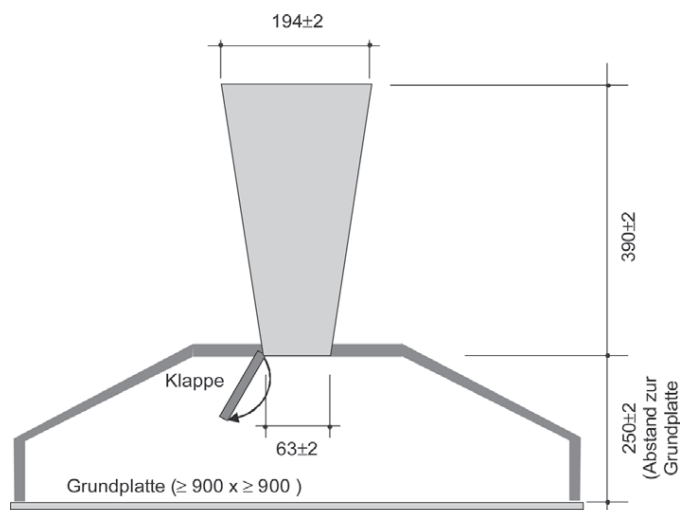
A roskadásmérő kúpos területméréssel a t_{500} kifolyási idő vizsgálata során azt kell megmérni, hogy a roskadási kútból kifolyó öntömörödő betonnak mennyi időre van szüksége ahhoz, hogy a szétterülő lepény átmérője elérje az 500 mm-t. A mérés megkönnyítésére a fémalaplapon 500

mm átmérőjű kört karcolnak. Minél hosszabb a kifolyási idő, annál nagyobb az öntömörödő beton viszkozitása, azaz annál kevésbé folyós.

Az MSZ EN 12350-8:2019 szabvány roskadási területmérési kifolyási idejének ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két roskadási területi kifolyási időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $t_{500} < 3,5$ esetén 0,66 s és $3,5 \leq t_{500} \leq 6,0$ esetén 1,18 s;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy roskadási területi kifolyási időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $t_{500} < 3,5$ esetén 0,88 s és $3,5 \leq t_{500} \leq 6,0$ esetén 1,18 s.

A DAfStb-Richtlinie SVB:2012 műszaki irányelv M melléklete szerinti $(63 \pm 2) \times (194 \pm 2)$ mm átmérőjű, 390 ± 2 mm magas fordított helyzetű kifolyási kúp (17.15. ábra) alkalmazásával az MSZ EN 12350-8:2019 szabvány szerinti roskadási területtel azonos eredmény adódik, és a kifolyási idő korrelál az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerinti tölcéses kifolyási idővel. A vizsgálat eredménye a t_{FC} kifolyási idő és az SF_{FC} területi mérték. A vizsgálati eredmény legfeljebb 20 mm legnagyobb szemnagyságú öntömörödő beton esetén érvényes.



17.15. ábra: Eszköz az öntömörödő beton roskadási területének és területi idejének méréséhez a DAfStb-Richtlinie SVB:2012 műszaki irányelv M melléklete szerint

17.4.2. Tölcéses kifolyási idő meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: V-funnel test for concrete, német elnevezése: Trichterauslaufzeitsversuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerint kell elvégezni.

A vizsgálat érvénye korlátozott, csak a legfeljebb 22,4 (24) mm leghagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített öntömörödő betonok esetén alkalmazható.

A kifolyási idő mérésére trapéz oldalnézetű tölcéscsőt használnak. A mérőeszköz vastagsága 75 ± 1 mm. Felső nyílásának hossza 515 ± 2 mm, szélessége 75 ± 1 mm, alsó nyílása $(65 \pm 1) \times (75 \pm 1)$ mm, a trapéz alakú tölcéscső magassága 450 ± 2 mm, kifolyási toldalék

150±2 mm magas (17.16. ábra). A tölcser bezárt kifolyónyílás mellett kell az öntömörödő betonnal színültig megtölteni. 10±2 másodperc pihentetés után a tölcser nyílását hirtelen kinyitva, másodpercben kell a t_v tölcseres kifolyási időt megmérni.

Az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány tölcseres kifolyási idejének ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett két tölcseres kifolyási időmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $t_v = 3$ esetén 0,4 s, $t_v = 5$ esetén 1,1 s, $t_v = 8$ esetén 2,1 s, $t_v = 12$ esetén 3,4 s és $15 < t_v$ esetén 4,4 s;
- ha két laboráns (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett egy-egy tölcseres kifolyási időmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $t_v = 3$ esetén 0,6 s, $t_v = 5$ esetén 1,6 s, $t_v = 8$ esetén 3,1 s, $t_v = 12$ esetén 5,1 s és $15 < t_v$ esetén 6,6 s.

A módszer nem szabványos változatában a tölcseres kifolyási időt például 515 mm felső, 65 mm alsó átmérőjű, 600 mm magas csonka kúppal határozzák meg. Az alkotója 45°-os szöget zár be a függőlegessel.

A tölcseres kifolyási idő az öntömörödő beton viszkozitásával áll összefüggésben, és első sorban a víz/(száraz anyag tartalom) tényező és a száraz anyagtartalom szemmegoszlása befolyásolja. Minél nagyobb a víz/(száraz anyag tartalom) tényező, annál kisebb az öntömörödő beton tölcseres kifolyási ideje és viszkozitása. Olykor az öntömörödő beton konzisztenciáját a 10/(tölcseres kifolyási idő) formulával tölcseres kifolyási sebességként, 1/másodperc mértékegységben fejezik ki.



17.16. ábra: Kifolyási tölcser

17.4.3. Fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) terület vizsgálat

A vizsgálat angol elnevezése: J-ring test, német elnevezése: J-Ring-Versuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv M melléklete a vizsgálati módszer korábbi változatát tartalmazta.

Az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerinti fékező gyűrűs vizsgálat annyiban különbözik az MSZ EN 12350-8:2019 szabvány szerinti roskadási területméréstől, illetve roskadási területi időméréstől, hogy az önterülő beton útjába fékező gyűrűt kell állítani. A fékező gyűrűs vizsgálat a vasbetonépítési körülményeket modellezi, amelynek során a önterülő beton az acélbetétek képezte akadályt kell legyőzze.

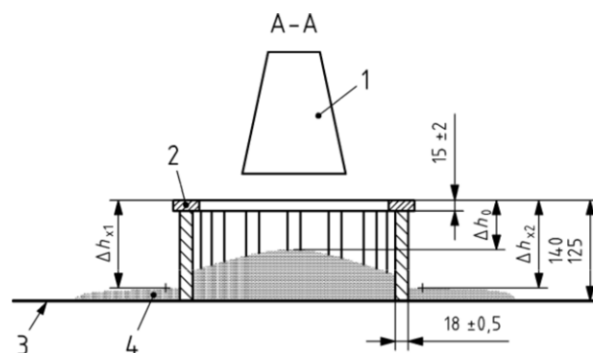
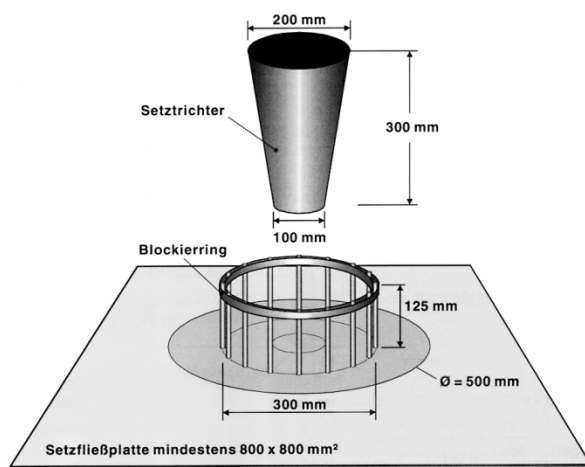
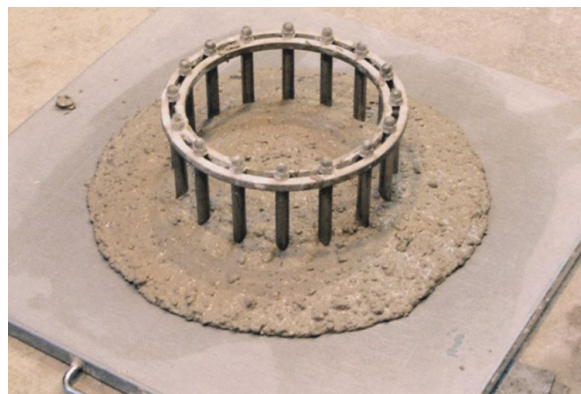
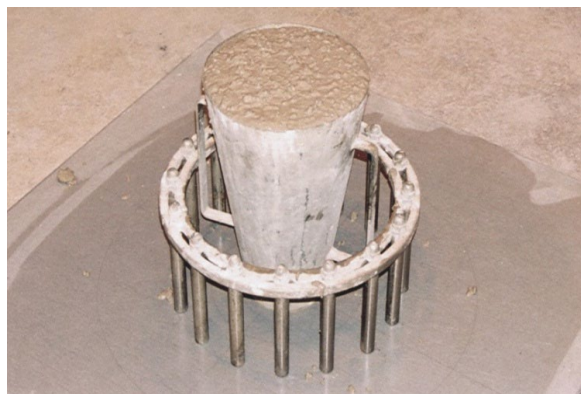
A fékező gyűrűs területi vizsgálat az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerinti L-szekrényes (L-dobozos) kifolyási vizsgálat változata, bár a kétféle vizsgálat eredménye közvetlenül nem vethető össze.

A fékező gyűrűs területi vizsgálat az öntömörödő beton nem megfelelő önterülőképessége arról ismerhető fel, hogy a fékező gyűrűn átfolyó beton magassága a gyűrű külső oldalán kisebb, mint a belső oldalon, amely különbséget a PJ területi hajlammal fejeznek ki. A fékező gyűrűs területi vizsgálat a területi hajlamon kívül meghatározható az SF_J fékező gyűrűs területi mérték és a az 500 mm-es területi átmérő eléréséhez szükséges t_{500J} területi idő.

A fékező gyűrűs vizsgálat eszköze a roskadásmérő kúp és a fékező (blokkoló) gyűrű. A fékező gyűrű voltaképpen egy kör alakú fésű, lefele álló fogakkal. A 300 ± 2 mm átmérőjű és 125 mm magas fékező gyűrűnek két változata szabványos. A szűk nyílású fékező gyűrű sima acélpálcákból álló fogainak átmérője $18 \pm 0,5$ mm, a fogak száma 16 és a fogak közötti szabad nyílás mérete 41 ± 1 mm; a tág nyílású fékező gyűrű szintén sima acélpálcákból álló fogainak átmérője ugyancsak $18 \pm 0,5$ mm, de a fogak száma 12 és a fogak közötti szabad nyílás mérete 59 ± 1 mm.

A roskadásmérő kúp az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint nagyobb nyílásával lefele áll, a visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv szerint felfelé állt (17.17.a. és b. ábra). A roskadásmérő kúpot és a fékező gyűrűt középpontosan kell a vízszintes helyzetű³²⁹ fémalaplapra helyezni. A roskadásmérő kúpot meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a kúpot fel kell húzni. A szétterülő beton átfolyik a fékező gyűrűn. A fékező gyűrűs területi mértéket a szétterülő friss beton két egymásra merőleges átmérőjének átlaga adja.

³²⁹ Ha a laboratórium padlója minden irányból az összefolyó-akna felé lejt, akkor célszerű a területi fémalaplapot az összefolyó-akna fölé helyezni, mert ott könnyebb vízszintes helyzetbe állítani.



A méretek mm-ben értendők

1 = Roskadásmérő kúp

2 = Szűk nyílású fékező (blokkoló) gyűrű

3 = Fémalaplap

4 = Öntömörödő beton

17.17.a. ábra: A roskadásmérő kúp helyzete a visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv M.1 mellékletében

17.17.b. ábra: A roskadásmérő kúp helyzete az MSZ EN 12350-12:2010 szabványban

17.17. ábra: Fékező (blokkoló) gyűrűs vizsgálat

Az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szűk nyílású fékező gyűrűs területmérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két szűk fékező gyűrűs területi hajlammérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $PJ < 20$ esetén 4,6 mm és $20 < PJ$ esetén 7,8 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy szűk fékező gyűrűs területi hajlammérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $PJ < 20$ esetén 4,9 mm és $20 < PJ$ esetén 7,8 mm;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két szűk fékező gyűrűs területi mértékmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $SF_J < 600$ esetén 59 mm, $600 \leq SF_J \leq 750$ esetén 46 mm és $750 < SF_J$ esetén 25 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy szűk fékező gyűrűs területi*

mértékmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $SF_J < 600$ esetén 67 mm, $600 \leq SF_J \leq 750$ esetén 46 mm és $750 < SF_J$ esetén 31 mm;

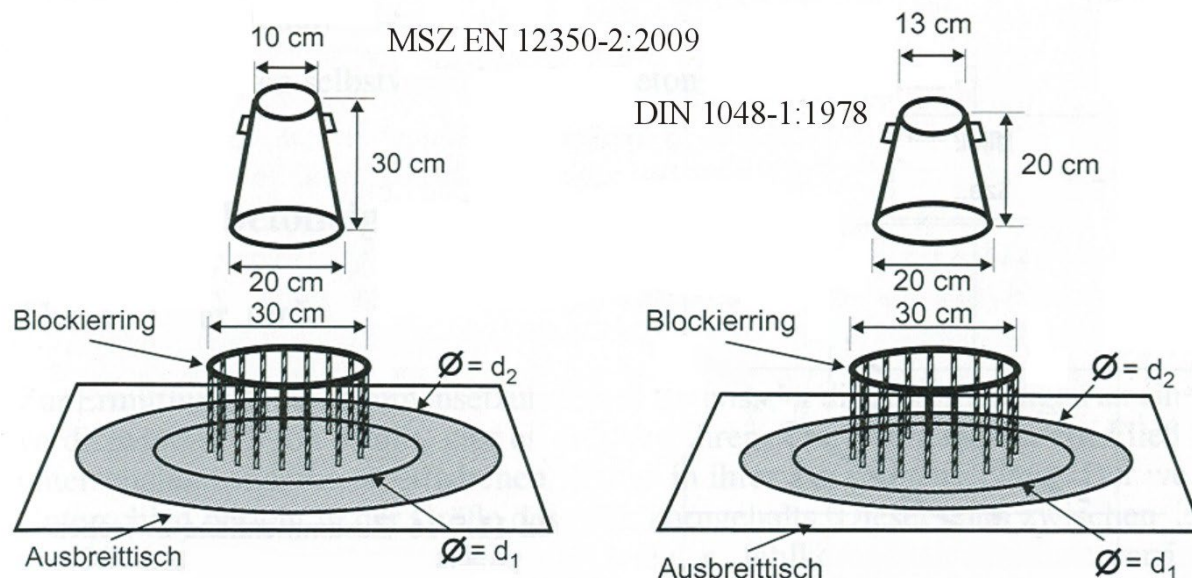
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két szűk fékező gyűrűs területi időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $t_{500J} \leq 3,5$ esetén 0,70 s, $3,5 < t_{500J} \leq 6$ esetén 1,23 s és $6 < t_{500J}$ esetén 4,34 s;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy szűk fékező gyűrűs területi időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $t_{500J} \leq 3,5$ esetén 0,90 s, $3,5 < t_{500J} \leq 6$ esetén 1,32 s és $6 < t_{500J}$ esetén 4,34 s.

17.4.4. FVB-vizsgálat az önterülőképeség, a viszkozitás és a blokkolódási hajlam meghatározására

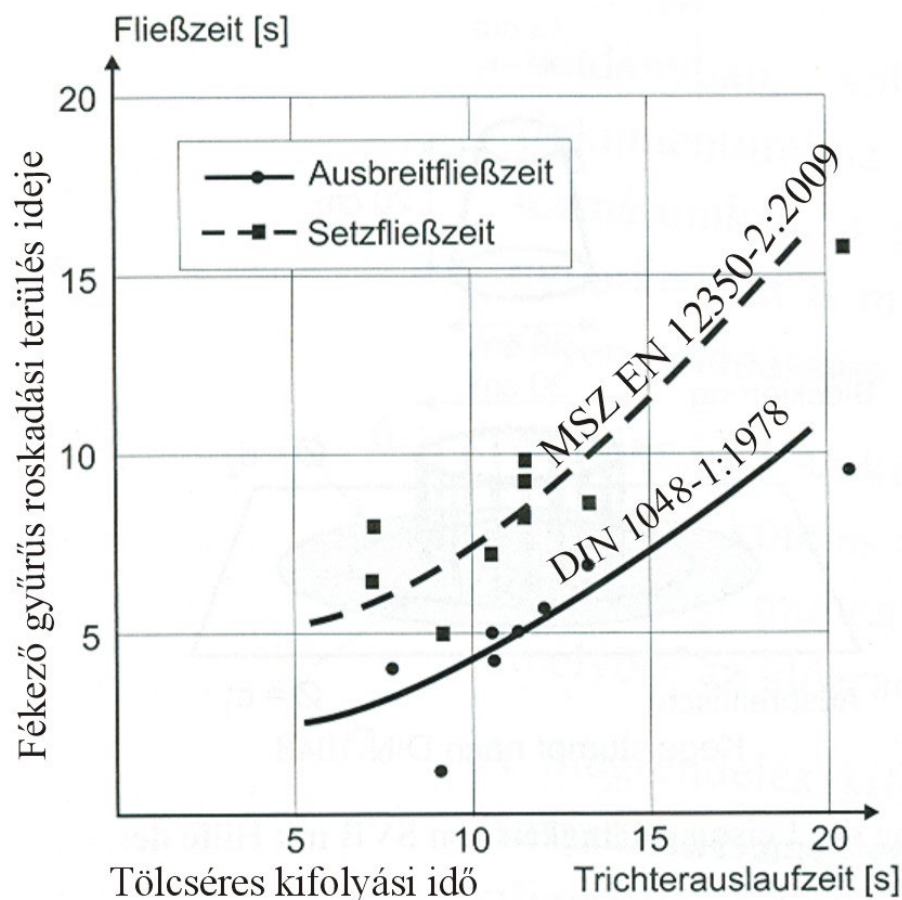
A vizsgálat angol elnevezése: FVB test (Flowability-viscosity-blockage-tendency test), német elnevezése: FVB-Versuch (Fließfähigkeits-Viskositäts-Blockierneigungs-Versuch).

Az FVB-vizsgálat *Grübl – Weigler – Karl* (2001) szerint a fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) területi vizsgálat továbbfejlesztett változata, amely mind az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány 4.1. szakasza szerinti alul 200 mm, felül 100 mm átmérőjű, 300 mm magas, mind a DIN 1048-1:1978 szabvány 3.1.2.1 szakasza szerinti alul 200 mm, felül 130 mm átmérőjű, 200 mm magas roskadásmérő kúppal elvégezhető. A vizsgálat során azt az időt mérik, amely alatt a szűk nyílású fékező gyűrűn keresztül terülő öntömörödő beton átmérője a területmérő asztalba karcolt d_1 -ről d_2 -re növekszik (17.18. ábra), és ezt a fékező (blokkoló) gyűrűs roskadási terület idejének nevezik. Ez az idő a viszkozitásra jellemző. Miután a betonlepeny nyugalomba került, meg kell határozni egymásra merőleges átmérőinek átlagát, amely az öntömörödő beton önterülőképeségét jellemzi. A vizsgálat tájékoztatást ad az öntömörödő beton szétosztályozódási hajlamáról is, az adalékanyagszemek eloszlása a felületen egyenletes, a betonlepeny pereme vízkiválásmentes legyen.

A 17.19. ábrán az MSZ EN 1235-9:2010 szabvány szerinti tölcséres kifolyási idő és az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal, illetve a DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal meghatározott szűk nyílású fékező (blokkoló) gyűrűs roskadási terület idejének összefüggése látható. Minthogy a tölcséres kifolyási idő kifejezetten a viszkozitás függvénye, következik, hogy a gyűrűs roskadási területi idő alkalmas az öntömörödő beton viszkozitásának a kifejezésére.



17.18. ábra: FVB-vizsgálat MSZ EN 12350-2:2009 és DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti rokadásmérő kúppal és szűk nyílású fékező gyűrűvel. Az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány esetén $d_1 = 45 \text{ mm}$, $d_2 = 65 \text{ mm}$, a DIN 1048-1:1978 szabvány esetén $d_1 = 45 \text{ mm}$, $d_2 = 55 \text{ mm}$ (Grübl – Weigler – Karl 2001)



NINCS MINDEN SZÓ LEFORDÍTVA

17.19. ábra: Összefüggés az MSZ EN 1235-9:2010 szabvány szerinti tölcséres kifolyási idő és az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerinti rokadásmérő kúppal (szaggatott vonal), illetve a DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti rokadásmérő kúppal (folyamatos vonal) meghatározott

szűk nyílású fékező (blokkoló) gyűrűs roszakadási terület ideje között (*Grübl – Weigler – Karl* 2001)

Az öntömörödő beton nem hajlamos a blokkolódásra, ha a fékező gyűrű nélküli roszakásmérő kúpos terület mértéke és a fékező gyűrűs terület mértéke közötti eltérés kisebb, mint 50 mm (*Grübl – Weigler – Karl* 2001).

17.4.5. L-szekrényes (L-dobozos) kifolyás vizsgálata

A vizsgálat angol elnevezése: L-box test, német elnevezése: L-Kasten-Versuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány tárgyalja.

A $12\pm 0,2$ mm átmérőjű, sima acélpálcákból álló, 200 ± 2 mm széles fékező rácsnak két változata szabványos. A szűk nyílású fékező rács fogainak száma három és a fogak közötti szabad nyílás mérete 41 ± 1 mm; a tág nyílású fékező rács fogainak száma kettő és a fogak közötti szabad nyílás mérete 59 ± 1 mm.

Az L-dobozos vizsgálattal szintén az öntömörödő beton bedolgozhatóságát lehet vizsgálni oly módon, hogy az eszköz $(100\pm 2)\times(200\pm 2)$ mm keresztmetszetű, 600 ± 2 mm magas függőleges szárát (*17.20. ábra*) tömörítés nélkül színültig megtöltjük az öntömörödő betonnal, amely az alul lévő retesz eltávolítása után a hidrosztatikus nyomás hatására a szűk vagy tág nyílású fékező rácson keresztül a vízszintes vályúba folyik. Ezután meg kell határozni a függőleges szárban maradt beton magasságát (H_1), a 700 ± 2 mm hosszú vízszintes vályúban a folyási távolságot és a beton magasságát a vályú végén (H_2), valamint azt az időt, amelyre a betonáramnak szüksége van a vízszintes vályúban kijelölt 50 mm-es távolság megtételéhez.

A $PL = H_2/H_1$ arányszám az L-szekrényes átfolyási képesség mérőszáma.

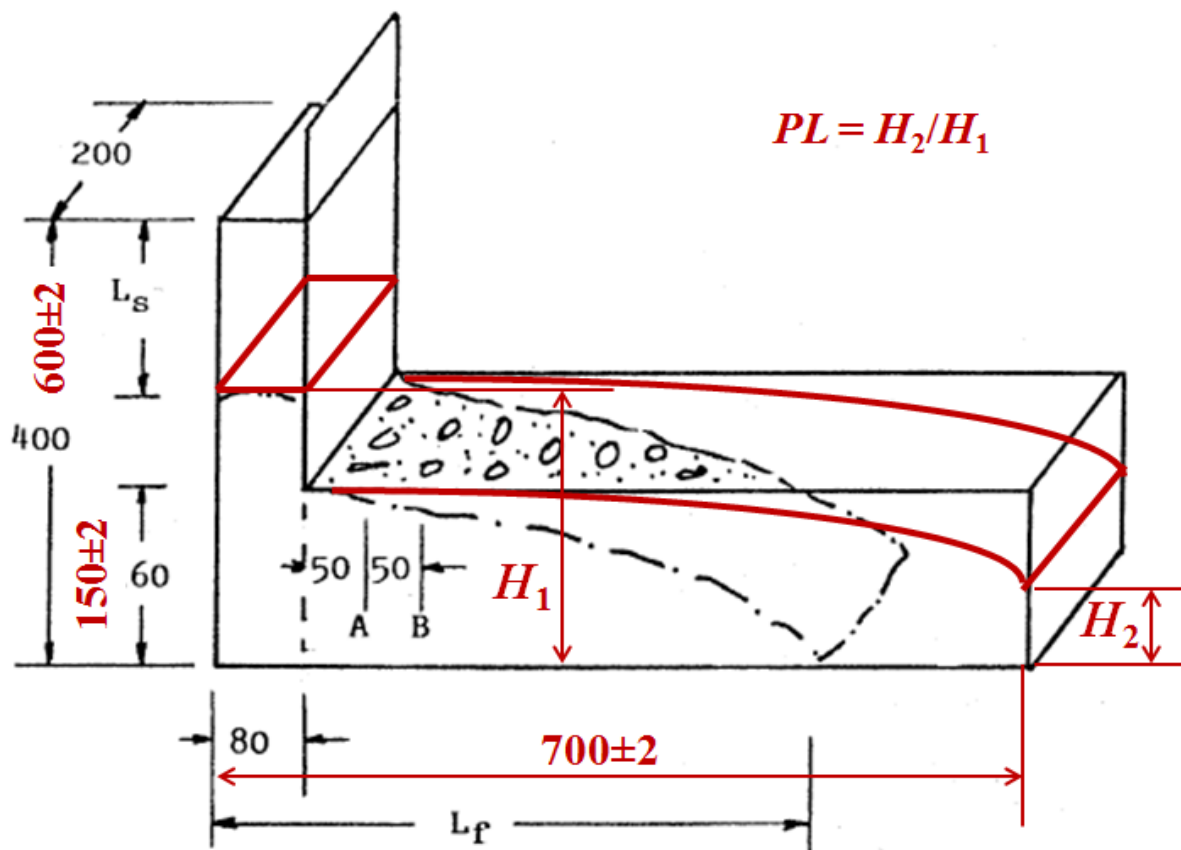
A magasságcsökkenés a függőleges szárban és a folyási távolság a területtel, a folyási idő, illetve a hozzá tartozó sebesség a viszkozitással áll kapcsolatban.

Az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány L-szekrényes kifolyási ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két L-szekrényes átfolyási képességmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $PL \geq 0,8$ esetén 0,11 és $0,8 > PL$ esetén 0,13;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy L-szekrényes átfolyási képességmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $PL \geq 0,8$ esetén 0,12 és $0,8 > PL$ esetén 0,16.

Az MSZ EN 12350-10:2010 szabványban nem közlik, hogy az ismétlési és összehasonlítási feltételek a szűk vagy a tág nyílású fékező rácsos L-szekrényes vizsgálatra vonatkoznak; a rács típusok elterjedtsége alapján feltételezzük, hogy a szűk nyílású fékező rácsos L-szekrényes vizsgálat ismétlési és összehasonlítási feltételeiről van szó.

Az L-doboz mérete a szabványostól olykor eltérhet (*17.20. ábra*).



17.20. ábra: L-szekrény (L-doboz) az öntömörödő beton kifolyásának, átfolyási képességének és kifolyási idejének meghatározásához (MSZ EN 12350-10:2010)

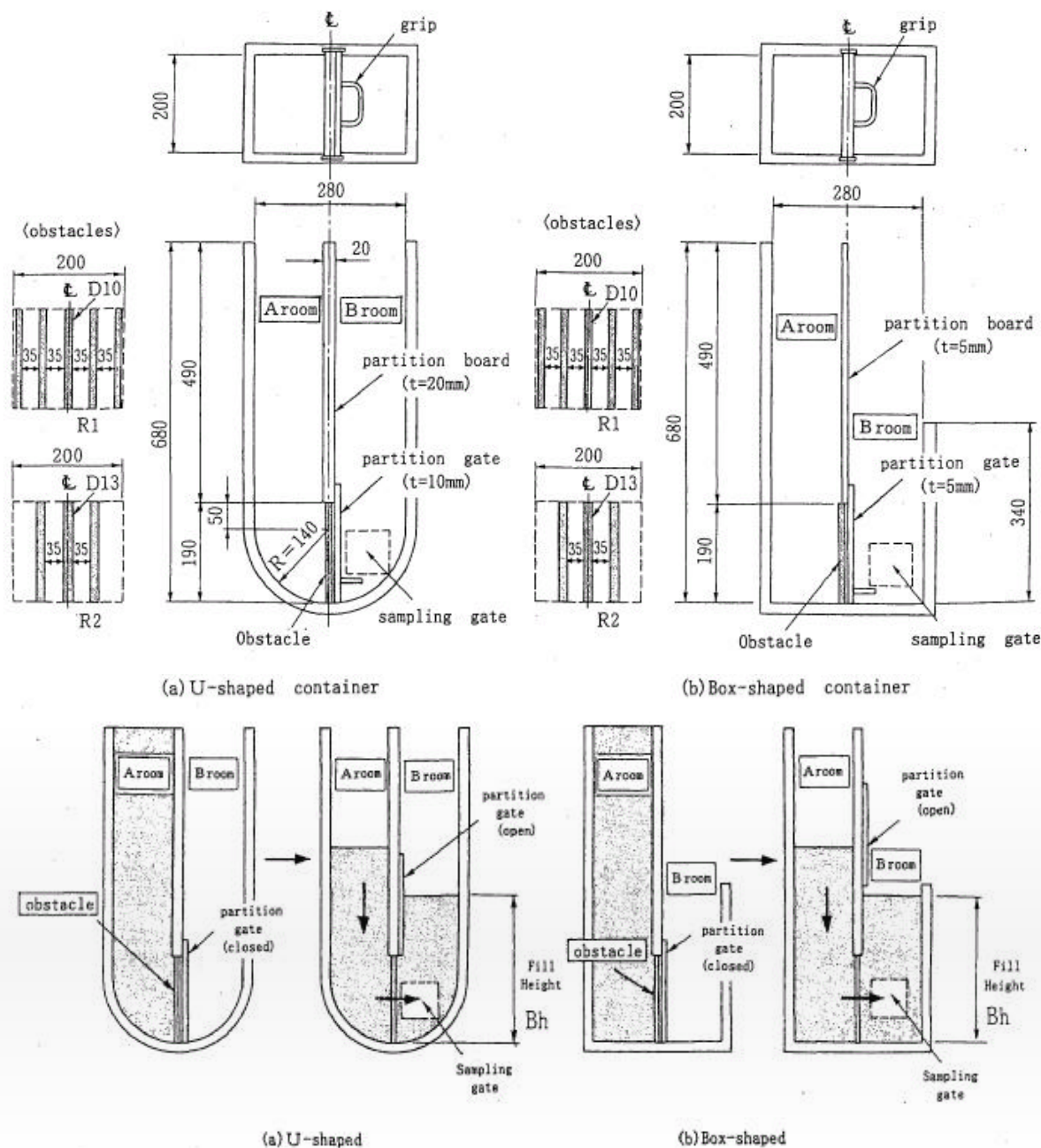
17.4.6. Fékező (blokkoló) rácsos vizsgálat U-alakú edényekben

A vizsgálat angol elnevezése: U-box test, német elnevezése: U-Kasten-Versuch.

A vizsgálatához általában kétféle alakú edényt használnak. Az edény alul egymással közlekedő két szárának keresztmetszete lehet 140 mm átmérőjű kör, vagy lehet 140 mm élhosszúságú négyzet. A cső alakú edény alul íves, a négyzet alakú szögletes (17.21. ábra). A cső alakú edény két szára alul 190 mm hosszban, a négyzet alakú edény 140 mm hosszban egy retesz felhúzásával összenyitható. A nyílásba három, 13 mm átmérőjű acélpálcából álló blokkoló rács van elhelyezve.

A cső alakú edény egyik szárát 680 mm magasságig, a négyzet alakú edényét 600 mm magasságig meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a reteszt fel kell húzni, miáltal a beton a blokkoló rácson keresztül átfolyik az edény másik szárába. Követelmény, hogy a cső alakú edény szárában az átfolyt beton legalább 300 mm magasra emelkedjék, míg a négyzet alakú edény esetén az edény két szárában lévő beton szintkülönbségét kell megmérni. Különböző szerzőknél (Krüger 1999, Kordts – Breit 2003; Zsigovics 2003) az itt megadott méretek egymástól valamelyest eltérnek.

E módszerrel az öntömörödő beton bedolgozhatósága vizsgálható.



CSUPA ANGOL SZÓ VAN AZ ÁBRÁKBAN

17.21. ábra: Öntömörödő beton fékező (blokkoló) rácsos vizsgálata U-alakú edényekben (JSCE:1999)

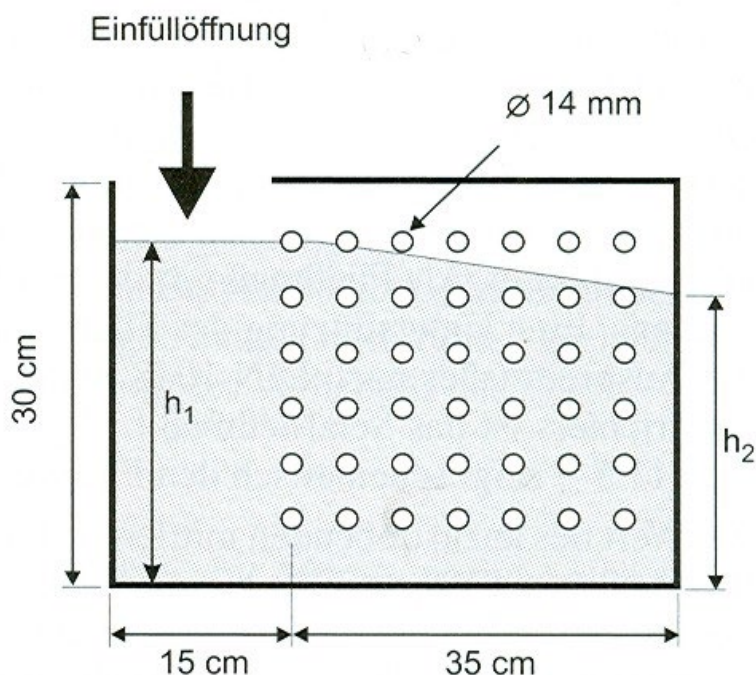
17.4.7. Fékező rudas folyási kiegyenlítődési képesség vizsgálata

A vizsgálat angol elnevezése: Filling-Capacity test, német elnevezése: Fließschikane-Versuch.

A vizsgálat eszköze a beöntő nyílással ellátott, üvegszerű, átlátszó plexiüvegből (polimetilmetakrilát, PMMA) készített doboz, amely a 17.22. ábrán látható elrendezésben 14 mm átmérőjű fékező (blokkoló) rudakat tartalmaz. A plexiüvegdobozt a beöntő nyíláson keresztül h_1 magasságig kell öntömörödő betonnal megtölteni. Miután a beton nyugalomba került, le kell olvasni a h_2 magasságot, és ki kell számítani az F kitöltési mértéket:

$$F = \left(\frac{h_1 + h_2}{2 \times h_1} \right) \times 100$$

Takada és szerzőtársai (1998) szerint az öntömörödő beton F kitöltési mértéke érje el a 90%-ot.



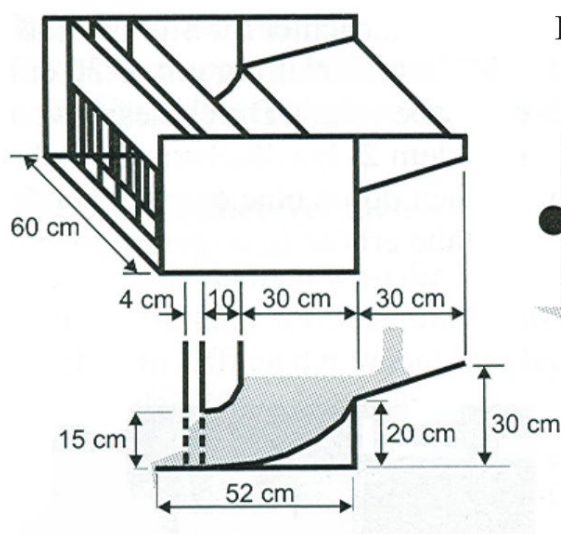
17.22. ábra: Eszköz az öntömörödő beton folyási kiegyenlítődési képességének vizsgálatára (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001)

NÉMET SZÓ

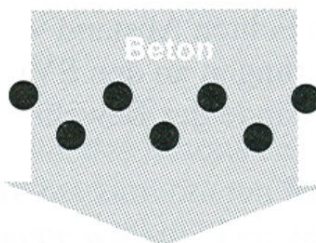
17.4.8. Fékező rudas átfolyási vizsgálat

A vizsgálat angol elnevezése: Passing test, német elnevezése: Durchfließ-Versuch.

A vizsgálat eszköze a kifolyónyílásba függőlegesen beépített fékező (blokkoló) rudakat tartalmazó, különlegesen kialakított edény (17.23. ábra). Ha az edénybe felülről beöntött öntömörödő beton a fékező rudakon képes átfolyni, akkor a beton önterülőképesége megfelelő. Japánban a vizsgálati eszközt az építéshelyen a mixergépkecs és a betonszivattyú, illetve a toronydaru feladók helye közé telepítve az átadás-átvételi minőségellenőrzés eszközeként alkalmazzák. Az eljárás hátránya, hogy a fékező rudakon átfolyni nem képes betont az edényből a további használat előtt külön el kell távolítani (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001).



Fékező rudak között
átfolyó beton
Felülnézet

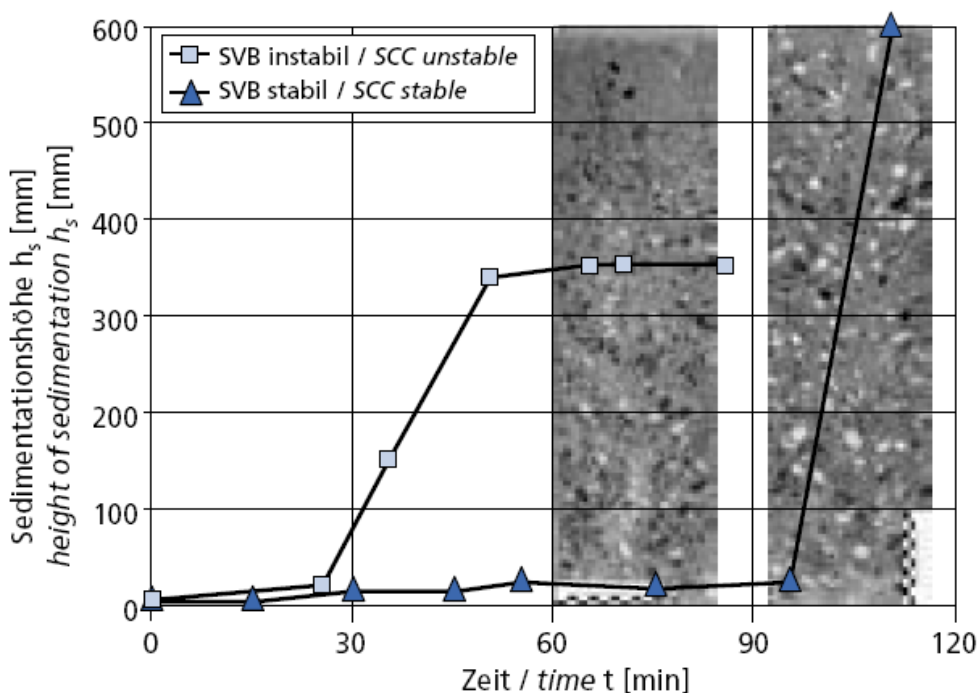


17.23. ábra: Eszköz az öntömörödő beton átfolyási vizsgálatára (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001)

17.4.9. Üledési hajlam vizsgálata merülőrúddal

A vizsgálat angol elnevezése: Dipstick sedimentation test, német elnevezése: FIZ-Tauchstabversuch.

A vizsgálati módszert, amellyel a durva adalékanyagszemek üledési hajlamát az öntömörödő betonban merülő rúddal vizsgálják, a Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) közreműködésével dolgozták ki.



17.24. ábra:

Üledésre hajlamos és nem hajlamos öntömörödő beton üledési magassága az idő függvényében (Thienel 2018.)

IDEGEN SZAVAK

Az acél merülőrúd hossza 750 mm, átmérője 14 mm, tömege 900 g, a vége legömbölyített, és a merülését megvezetik. A vizsgáló edény átmérője 150 mm, magassága 600 mm, és a merülőrúd bevezetésére felszerkezettel rendelkezik. A vizsgálat során a merülőrúd a beton felszínéről önsúlyánál fogva merül a betonba. A mérést több helyen és különböző időpontokban végzik el. A vizsgálat időtartama egy-két óra, a méréseket 15-20 percenként hajtják végre, mindig más helyen. A mérés eredménye a merülési mélység, amelyet az idő függvényében jegyeznek fel és ábrázolnak (17.24. ábra). Ha az öntömörödő beton üledésre hajlamos, akkor a merülési mélység az idő függvényében számottevően csökken, ha nem hajlamos, akkor a beton kötésének kezdetéig alig változik (Kordts et al., beton. 2003), (Thienel, 2018.).

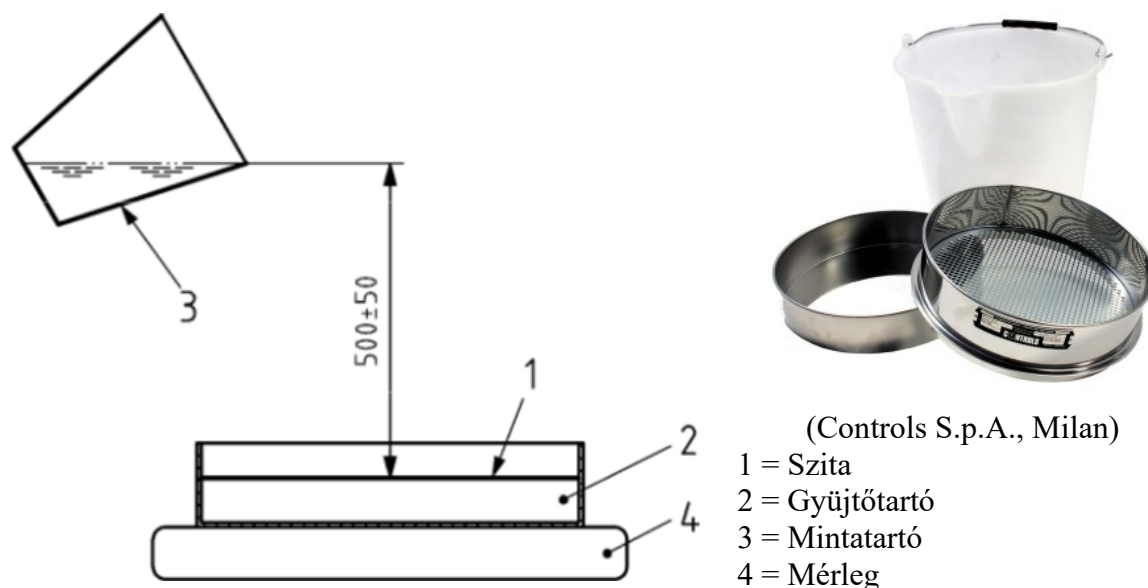
17.4.10. Üledési hajlam, szétosztályozódási hajlam vizsgálata szitán

A vizsgálat angol elnevezése: Sieve segregation test, Sieve sedimentation test; német elnevezése: Siebsedimentationsversuch, Siebsedimentationsstabilitätversuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A módszer szálerősítésű beton és könnyű adalékanyagú beton vizsgálatára nem alkalmas.

A vizsgálati minta térfogata $10 \pm 0,5$ liter. A mintavételt követően az öntömörödő betont a lefedett mintatartóban $15 \pm 0,5$ percig pihentetni kell, és a vízkiválást fel kell jegyezni. Ezt követően az ismert tömegű mintát a kivált vízzel együtt az 500 ± 50 mm magas gyűjtőtartóra helyezett legalább 300 mm átmérőjű, legalább 30 mm magas, 5 mm négyzetes nyílású szitára kell önteni (17.25. ábra), majd 2 perc múlva meg kell mérni a szitán átfolyt öntömörödő beton tömegét. A szétosztályozódási hajlam mérőszáma (SR) a szitán átfolyt öntömörödő beton

tömegének és a szitára öntött öntömörödő beton tömegének hányadosa tömeg%-ban kifejezve.



17.25. ábra: Eszköz az öntömörödő beton ülepedési stabilitásának, szétosztályozódási hajlamának meghatározására szitával (MSZ EN 12350-11:2010)

Az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány ülepedési (szítás szétosztályozódási) ellenállási ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két ülepedési ellenállási mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $SR \leq 20$ esetén 3,7 tömeg% és $20 < SR$ esetén 10,9;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy ülepedési ellenállási mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint $SR \leq 20$ esetén 3,7 tömeg% és $20 < SR$ esetén 10,9.

17.4.11. Átmosási vizsgálat háromrészes edényben

A vizsgálat angol elnevezése: Washout sedimentation test;

német elnevezése: Auswaschsedimentationsversuch.

Az átmosási vizsgálat eljárás a friss öntömörödő beton stabilitásának megítélésére. A betont 150 mm átmérőjű, 450-500 mm magas edénybe kell tölteni. Az edény harmadaiban nyílások vannak, amelyekbe a beton dermedése után elválasztó-lemezeket tolnak (17.26. ábra). Az így három részre választott friss betont a legnagyobb szemnagyság fele nyílású szitán átmosás, a szitán fennmaradó részt kiszárítják és megmérlik. A visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv N.2 melléklete szerint az öntömörödő betont akkor tekintik szétosztályozódástól mentesnek, ha a három beton részhalmoz szitamaradékának tömege az elméleti értéktől legfeljebb 15 tömeg%-kal tér el.

17.4.12. Kifolyási idő vizsgálata Orimet-csővel

A vizsgálat angol elnevezése: Orimet test, német elnevezése: Orimet-Versuch.

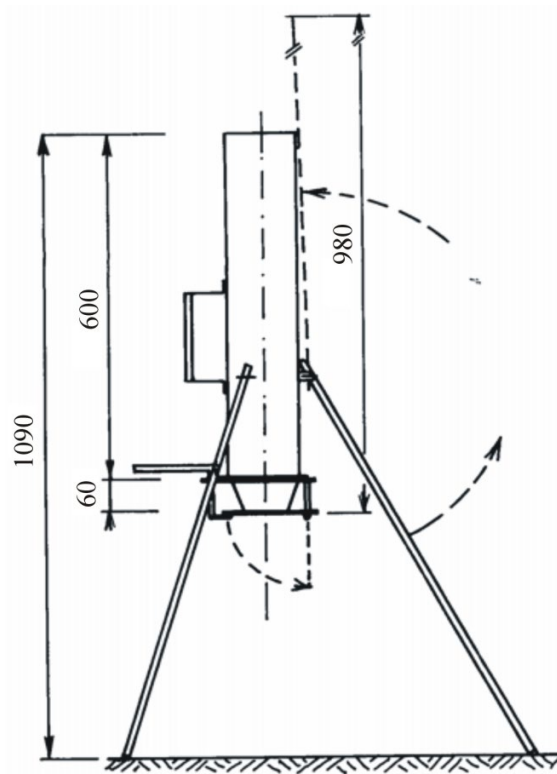
Az Orimet-csövet a legfeljebb 20 mm legnagyobb szemnagyságú öntömörödő betonok folyási képességének gyors és egyszerű építészeti vizsgálatára fejlesztették ki. A függőlegesen álló Orimet-cső belső átmérője 120 mm, hossza 660 mm. Elkeskenyedő alsó végén 70 mm vagy 80 mm átmérőjű cserélhető kifolyónyílás található, amelyet gyorsan kioldható csapóajtóval lehet elzárni (17.27. ábra).

A vizsgálathoz 7,5 liter öntömörödő beton szükséges. Az öntömörödő betont háromszor engedik át az Orimet-csőn, amelyet közben nem tisztítanak ki. Az első vizsgálat eredményét nem veszik figyelembe, a második és harmadik vizsgálat során mért kifolyási idő átlaga másodpercben adja a vizsgálat eredményét.

A kifolyási idő egyenes arányban áll az öntömörödő beton viszkozitásával. Az öntömörödő beton önterülőképesége megfelel, ha kifolyási ideje az Orimet-csőből legfeljebb 5 másodperc. A durvább adalékanyagszemek leülepedése a kifolyónyílás környezetében az öntömörödő beton fokozottabb szétosztályozódási és blokkolódási hajlamát jelzi, miközben a kifolyási idő jelentősen meghosszabbodik (Bartos 1998, Bartos 2005, Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001).



17.26. ábra: Három részre osztott edény (angolul: Sedimentation tester, németül: Sedimentiergerät) az öntömörödő beton átmosási vizsgálatához (<https://www.formtest.de>)



17.27. ábra: Orimet-cső az öntömörödő beton kifolyási idejének vizsgálatához (Bartos, 2005)

17.4.13. Viskozitás vizsgálata rheométerrel

A vizsgálat angol elnevezése: Viscosity test with rheometer;

német elnevezése: Viskositätsversuch mit Rheometer.

A rheométerek több típusa alkalmas az öntömörödő betonok viszkozitásának meghatározására. A kísérletek szerint azok a friss öntömörödő betonok tartják meg stabilitásukat, amelyek folyási határának értéke 500 Pa-nál kisebb, és dinamikai viszkozitása 100 - 200 Pa×s közé esik, de vannak kísérletek, amelyek során ezeknél lényegesen kisebb értékeket mértek.

17.4.14. Megszilárdult öntömörödő beton szétosztályozódási vizsgálata szemrevételezéssel

A vizsgálat angol elnevezése: Testing the sedimentation stability of the hardened concrete, német elnevezése: Prüfung der Sedimentationsstabilität am Festbeton.

A visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv N.1 melléklete szerint a megszilárdult, 150 mm átmérőjű, 500 mm hosszú öntömörödő beton próbahengert hosszirányban kettévágják, és a szétosztályozódás mértékét a vágott felületen szemrevételezéssel meghatározzák. A beton stabilitásáról 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahenger hasítóvizsgálatával, vagy rugalmassági modulusának meghatározásával is tájékozódni lehet.

17.5. ÉPÍTÉSHELYI BETONBETÖLGOZÁSI KONZISZTENCIA**17.5.1. Kiindulási friss beton és lágyítása**

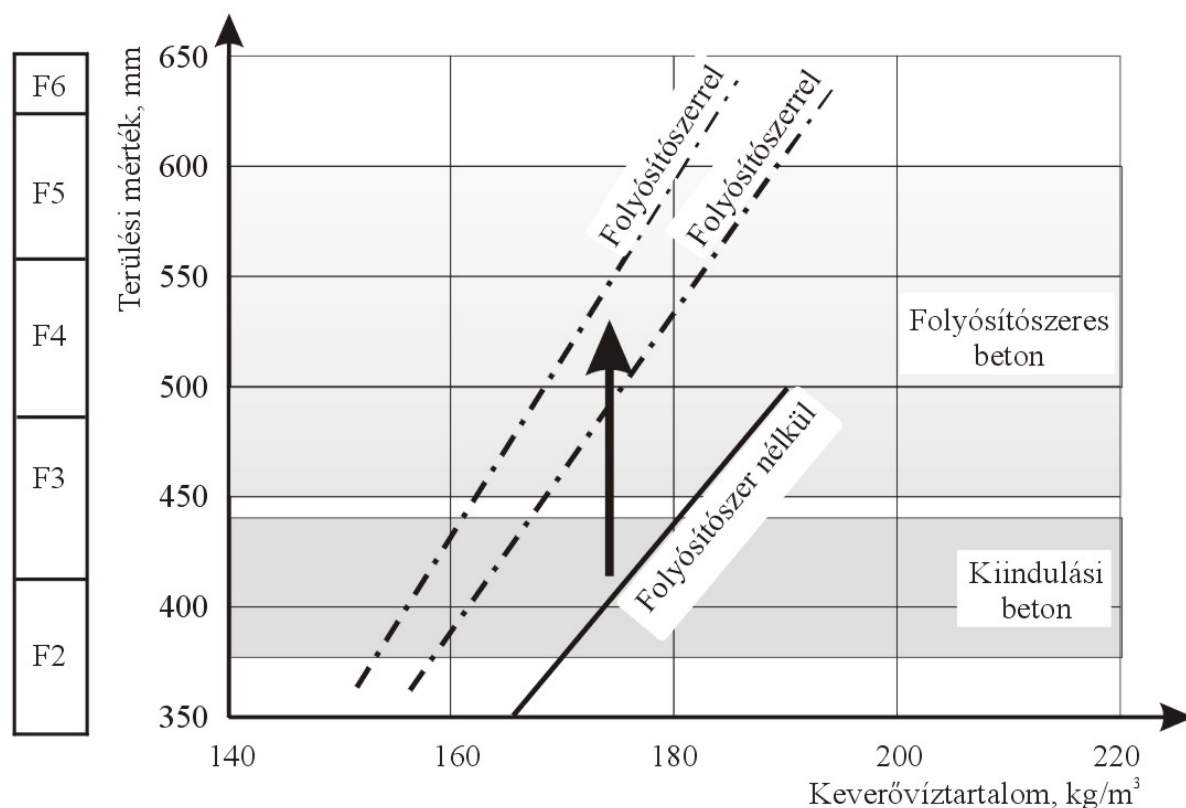
A beton összetétele olyan legyen, hogy a friss betont az építéshelyen a zsaluzatba jól be lehessen dolgozni. Ehhez általában folyós vagy képlékeny konzisztenciájú betonra van szükség (Kausay, 2006)

Ha a méretezési és környezeti követelményeknek megfelelő, folyósító adalékszer nélküli *kiindulási friss beton* (németül: Ausgangsbeton) konzisztenciája folytán szárazabb, mint az elvárt építéshelyi betölgozási konzisztenciájú beton, akkor folyósító adalékszeres betonösszetételre van szükség. Előfordulhat, hogy a kiindulási friss beton olyan mértékben száraz, hogy az adalékszer folyósító hatása sem érvényesül, és ezért az eredeti kiindulási betonnál lágyabb, folyósítható összetételű kiindulási friss betont kell tervezni. Ezt a betonösszetétel tervezési műveletet a *kiindulási friss beton lágyításának* nevezzük.

Grübl és szerzőtársai (2001) szerint a folyósítószer nélküli kiindulási friss beton konzisztenciája általában a földnedvestől a kissé képlékenyig terjed, MSZ 4798:2016 szabvány szerinti területi mértéke 410 mm-nél kisebb (F1, F2), tömörítési mértéke 1,11-nál nagyobb (C0, C1, C2). A pályabetonok készítéséhez alkalmazott kiindulási friss betonok területi mértéke 250-330 mm (F1), tömörítési mértéke 1,2-1,4 (C1-C2).

Bonzel és szerzőtársai (1973) arról írtak, hogy a folyósításra alkalmas kiindulási friss beton területi mértéke legalább 380 mm legyen, mert ez alá csökkenő területi mérték esetén a folyósító adalékszeres hatékonysága jelentősen romlik, és a 320 mm-nél kisebb területi mértékű kiindulási friss beton adalékszerrel gyakorlatilag már nem folyósítható. Ugyanakkor 440 mm-nél nagyobb területi mértékű kiindulási friss betonból sem lehet jó összetartóképeségű folyósítószeres betont készíteni. Ezt a véleményt tükrözi Wesche (1993) ábrája is, amelynek háttérében Kern és szerzőtársai (1976) közleménye áll (17.5.1. ábra).

A folyósításra alkalmas kiindulási friss beton ne legyen se túl durvaszemű, se túl finomszemű. A „B” határgörbe alatt, vagy akár egy kissé afölött futó szemmegoszlási görbe a kedvező, ha a finomszemek tartományában számottevően a „B” határgörbe felett helyezkedik el. A homokos kavics adalékanyag szemalakjánál fogva előnyösebb, mint a zúzottkő. Az acélszerelésen való átfolyás elősegítése érdekében az adalékanyag legnagyobb szemnagysága kisebb, szemmegoszlása finomszemekben gazdagabb legyen, mint az egyébként alkalmazott földnedves betonoké. Például 32 mm legnagyobb szemnagyságú kiindulási friss beton esetén a legfeljebb 0,25 mm szemnagyságú finomrésztartalom 360-420 kg/m³ közé essék, amelyből a cementtartalom 300-350 kg/m³ legyen (Bonzel et al., 1973), (Grübl et al., 2001).



17.5.1. ábra: A folyósító adalékszer hatása a beton konzisztenciájára Wesche (1993), valamint Kern és szerzőtársai (1976) után

Ha a kiindulási friss beton kis víztartalma folytán adalékszerrel nem folyósítható, akkor a kiindulási friss betont a megengedett legnagyobb víz-cement tényező megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom növelésével lehet *lágylítani* (pontosabban: a lágyabb friss beton összetételét megtervezni) úgy, hogy a kiindulási friss beton egyidejűleg növekvő víztartalma (keverővíztartalma) a képlékenyítéshez, folyósításhoz szükséges *vízigényt*, és cementpéptartalma az adalékanyag *cementpépigényét* érje el (Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.).

A *kiindulási friss beton lágylításának tárgyalása előtt* tekintsük át a vízigénnyel és pépigénnyel kapcsolatos ismereteinket.

VÍZIGÉNY, VÍZTARTÓKÉPESSÉG (lásd még könyvünk 1.5. fejezetét is)

A beton *vízigénye* az adott konzisztenciához szükséges keverővíz mennyisége, amely a beton összetételétől, bedolgozhatóságától, az adalékanyag és a cement vízigényétől függ, de nem a két utóbbi összege.

A *víztartóképesség* az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása után a vízigénnyek nevezett vízmennyiség az adalékanyagban, illetve a betonban marad.

Az adalékanyag *vízigénye* az adalékanyag szemszerkezetének (szemmegoszlásának, szemalakjának és szemérdességének), valamint agyag-iszaptartalmának a függvénye; és a finomsági modulussal (m) és a víztartóképességgel (k_v) írható le (Ujhelyi, 1989 és 2005).

Ennek megfelelően a homokos kavics adalékanyagok vízigényét (v_a) Ujhelyi (1989 és 2005) tömegarányban a következő képlettel fejezte ki:

$$v_a = A \times e^{-B \times m}$$

ahol: m = az adalékanyag finomsági modulusa

A és B pedig az adalékanyag víztartóképességének (k_{va}) függvényében a következő:

$$A = 0,3 \times e^{-0,22 \times (0,1 \times k_v)^{0,35}} \text{ és } B = 0,17 \times e^{0,13 \times (0,1 \times k_v)^{0,32}}$$

A homokos kavics adalékanyagok Ujhelyi-féle (1989 és 2005) képlettel kiszámított vízigényét a 17.5.1. táblázatban tüntettük fel.

17.5.1. táblázat: A homokos kavics adalékanyagok vízigénye (v_a) Ujhelyi (1989 és 2005) szerint tömeg%-ban

k_v, s	Homokos kavics adalékanyagok finomsági modulusa, m							
	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75
0,5	13,59	13,00	12,43	11,89	11,37	10,87	10,39	9,94
1	13,19	12,60	12,05	11,51	11,01	10,52	10,05	9,61
2	12,69	12,12	11,58	11,06	10,56	10,09	9,64	9,20
3	12,35	11,79	11,26	10,75	10,26	9,79	9,35	8,93
4	12,09	11,54	11,01	10,50	10,02	9,57	9,13	8,71
5	11,87	11,32	10,80	10,30	9,83	9,38	8,94	8,53
7,5	11,43	10,90	10,39	9,91	9,44	9,00	8,58	8,18
10	11,10	10,57	10,07	9,60	9,14	8,71	8,30	7,91
12,5	10,82	10,30	9,81	9,34	8,90	8,47	8,07	7,69
15	10,58	10,07	9,59	9,13	8,69	8,27	7,87	7,49
20	10,19	9,69	9,22	8,77	8,34	7,93	7,55	7,18
25	9,86	9,37	8,91	8,47	8,05	7,66	7,28	6,92
30	9,58	9,11	8,65	8,22	7,81	7,42	7,05	6,70
35	9,34	8,87	8,43	8,00	7,60	7,22	6,85	6,51
40	9,13	8,66	8,22	7,81	7,41	7,03	6,68	6,34
50	8,75	8,30	7,88	7,47	7,09	6,72	6,38	6,05
60	8,44	8,00	7,58	7,19	6,81	6,46	6,12	5,80

A 17.5.1. táblázat folytatódik

A 17.5.1.táblázat folytatása

k_v, s	Homokos kavics adalékanyagok finomsági modulusa, m							
	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75
0,5	9,51	9,09	8,69	8,31	7,95	7,60	7,27	6,95
1	9,18	8,78	8,39	8,02	7,66	7,33	7,00	6,69
2	8,79	8,39	8,02	7,66	7,31	6,99	6,67	6,37
3	8,52	8,13	7,77	7,41	7,08	6,76	6,45	6,16
4	8,31	7,93	7,57	7,22	6,89	6,58	6,28	5,99
5	8,14	7,76	7,41	7,06	6,74	6,43	6,13	5,85
7,5	7,80	7,43	7,09	6,76	6,44	6,14	5,85	5,58
10	7,54	7,18	6,84	6,52	6,21	5,92	5,64	5,37
12,5	7,32	6,97	6,64	6,32	6,02	5,73	5,46	5,20
15	7,13	6,79	6,46	6,15	5,86	5,58	5,31	5,05
20	6,83	6,50	6,18	5,88	5,59	5,32	5,06	4,81
25	6,58	6,25	5,95	5,65	5,37	5,11	4,86	4,62
30	6,37	6,05	5,75	5,46	5,19	4,93	4,68	4,45
35	6,18	5,87	5,58	5,30	5,03	4,78	4,54	4,31
40	6,02	5,71	5,42	5,15	4,89	4,64	4,40	4,18
50	5,74	5,44	5,16	4,90	4,64	4,40	4,18	3,96
60	5,50	5,21	4,94	4,68	4,44	4,21	3,99	3,78

A cement vízigénye az őrlésfinomság, illetve a fajlagos felület függvénye. Tömegarányban vagy tömegszázalékban szokták kifejezni. Jele: v_c

Ujhelyi (1989 és 2005) különböző fajlagos felületű cementeket változó mennyiségű vízzel kevert össze, és Ø2 mm nyílású lyukakkal nem túl sűrűn átlukasztott palástú Ø150×300 mm méretű próbahengerben vizsgálta, hogy vibrálás hatására mennyi idő múlva kezd a víz vagy a cementpép a nyílásokon kifolyni. Kísérleti eredményei alapján tömegarányban írta fel a cement vízigényének (v_c) összefüggését:

$$v_c = [0,3 + 0,0003 \times (f - 100)] \times e^{-[0,33 \times (0,1 \times k_v)^{0,3}]}$$

ahol: f = a cement fajlagos felülete m^2/kg mértékegységben

k_v = a cement víztartóképessége s mértékegységben

A cementek Ujhelyi-féle (1989 és 2005) képlettel kiszámított vízigényét a 17.5.2. táblázatban tüntettük fel.

17.5.2. táblázat: A cementek vízigénye (v_c) *Ujhelyi* (1989 és 2005) szerint tömeg%-ban

k_v, s	Cementek fajlagos feülete, $f, m^2/kg$								
	250	275	300	325	350	375	400	425	450
0,5	30,16	30,82	31,47	32,13	32,79	33,44	34,10	34,75	35,41
1	29,24	29,88	30,51	31,15	31,78	32,42	33,05	33,69	34,33
2	28,14	28,76	29,37	29,98	30,59	31,20	31,82	32,43	33,04
3	27,41	28,01	28,60	29,20	29,80	30,39	30,99	31,58	32,18
4	26,85	27,43	28,02	28,60	29,18	29,77	30,35	30,94	31,52
5	26,39	26,96	27,54	28,11	28,68	29,26	29,83	30,40	30,98
7,5	25,49	26,04	26,60	27,15	27,71	28,26	28,81	29,37	29,92
10	24,80	25,34	25,88	26,42	26,96	27,50	28,04	28,58	29,12
12,5	24,24	24,77	25,30	25,82	26,35	26,88	27,40	27,93	28,46
15	23,77	24,28	24,80	25,32	25,83	26,35	26,87	27,38	27,90
20	22,98	23,48	23,98	24,48	24,98	25,48	25,98	26,48	26,98
25	22,34	22,83	23,32	23,80	24,29	24,77	25,26	25,74	26,23
30	21,80	22,28	22,75	23,23	23,70	24,17	24,65	25,12	25,60
35	21,34	21,80	22,26	22,73	23,19	23,66	24,12	24,58	25,05
40	20,92	21,38	21,83	22,29	22,74	23,20	23,65	24,11	24,56
50	20,21	20,65	21,09	21,53	21,97	22,41	22,85	23,28	23,72
60	19,61	20,04	20,46	20,89	21,32	21,74	22,17	22,59	23,02

Valamely betonkeverék vízigénye az adalékanyag és a cement vízigényéből határozható meg, de nem ezek összegeként. *Grübl* és szerzőtársai (2001) könyvében olvashatjuk, hogy *Koch* és szerzőtársai (1971) szerint a cement vízigénye általában 85-100 kg/(cement m³).

A közepes őrlésfinomságú cementek (fajlagos felületük 2800-4000 cm²/g) a friss beton tulajdonságait, különösen a beton bedolgozhatóságát gyakorlatilag nem befolyásolják; az ennél durvábbra őrlött cementek (fajlagos felületük kisebb mint 2800 cm²/g) vízigénye kisebb, a finomabbra őrlött cementek (fajlagos felületük nagyobb mint 4000 cm²/g) vízigénye nagyobb, a nagyon finomra őrlött cementek (fajlagos felületük 5000-7000 cm²/g) emellett nagy cementtartalom esetén a beton bedolgozhatóságát is megnehezítik. A porszerű anyagok (például fénoxid betonszínezőanyag) sűrűnfolyóssá, ragossá teszik a friss betont és növelik a vízigényét. Az adalékanyagok szemmegoszlásának javítása a finomszemtartalom növelésével a jobb térkitöltés érdekében akár csökkentheti is az azonos konzisztenciájú friss beton vízigényét (*Müller et al.*, 2009).

A homokos kavics adalékanyaggal készített adalékszer nélküli friss beton *Springenschmid* (2007) szerinti hozzávetőleges vízigénye a 17.5.3. táblázatban látható. Ettől némileg eltérő vízigény értékek (w) találhatók a *Zement-Merkblatt* B 20 (2017) műszaki útmutatóban, amelyeket az adalékanyag finomsági modulusa (m) függvényében következő tapasztalati összefüggéssel határoztak meg:

- földnedves konzisztencia esetén: $w = 1100/(m + 1)$
- kissé képlékeny konzisztencia esetén: $w = 1200/(m + 1)$

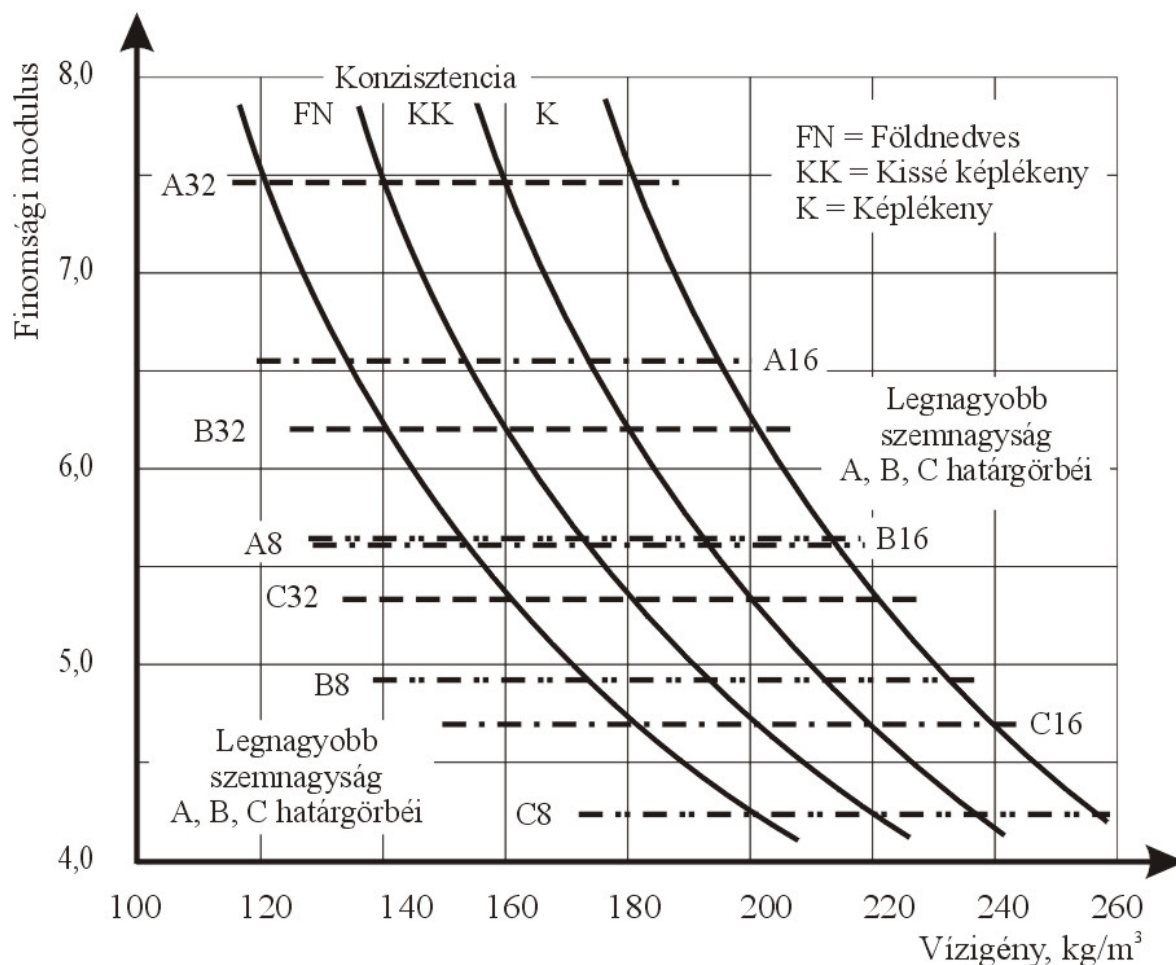
➤ képlékeny konzisztencia esetén: $w = 1300/(m + 1)$

17.5.3. táblázat: A homokos kavics adalékanyaggal, adalékszer nélkül készített friss beton hozzávetőleges vízigénye *Springenschmid* (2007) szerint, kg/(betömörített friss beton m³)

Adalékanyag vízigénye	$D_{\max}$, Adalékanyag legnagyobb szemnagysága, mm								
	8			16			32		
	Szemmegoszlási határgörbe								
	A8	B8	C8	A16	B16	C16	A32	B32	C32
	Szemmegoszlási határgörbék finomsági modulusa								
	5,70	4,90	4,30	6,60	5,60	4,80	7,55	6,35	5,40
	Földnedves konzisztencia, jele: F1, C1								
Kicsi	150	170	185	120	140	175	105	130	160
Nagy	155	175	195	140	150	185	130	140	165
	Kissé képlékeny konzisztencia, jele: S1, F2, C2								
Kicsi	180	195	210	150	175	200	130	160	190
Nagy	185	200	225	165	180	210	155	170	195
	Képlékeny konzisztencia, jele: S2, F3, C3								
Kicsi	205	220	235	175	200	225	150	185	215
Nagy	210	225	250	190	205	235	170	195	220

Röhling és szerzőtársai (2012) – hivatkozással a *DBV Deutscher Beton-Verein* (1995) kézikönyvére – grafikusán lényegében *Springenschmid* (2007) és a *Zement-Merkblatt B 20* (2017) műszaki útmutató vízigény adatait jelenítették meg (17.5.2. ábra). *Grübl* és szerzőtársai (2001) könyvében hasonló ábrák találhatók azzal a különbséggel, hogy a független változó a tömörítési mérték vagy az adalékanyag finomsági modulusa, a függő változó pedig mindig a friss beton vízigénye. *Grübl* és szerzőtársai (2001) forrásként *Bonzel* és szerzőtársai (1978) munkáját jelölték meg.

A zúzottkő betonok vízigénye 8 mm feletti szemnagyságú zúzottkő esetén mintegy 5%-kal, 4 mm feletti szemnagyságú zúzottkő esetén mintegy 10%-kal nagyobb a homokos kavics adalékanyagú beton vízigényénél. Ha a betonban a lisztfinomságú szemek (az összes legfeljebb 0,125 mm szemnagyságú beton alkotórész) mennyisége 350 kg/m³-nél több, akkor 10 kg/m³ lisztfinomságú szemtartalmanként a vízigény további 1,0 kg/m³-rel megnövekszik. Légbuborékképző adalékszer alkalmazása esetén a keverővíz adagolást 1,5% légbuboréktérfogat határérték felett minden 1% légbuboréktérfogat után mintegy 5 kg/m³-rel csökkenteni lehet (*Röhling et al.*, 2012).



17.5.2. ábra: A homokos kavics adalékanyaggal készített friss beton hozzávetőleges vízigénye Röhling és szerzőtársai (2012) szerint, a szemmegoszlási határgörbék finomsági modulusa helyének bejelölésével

Ujhelyi (1989 és 2005) kísérleti alapon módszert dolgozott ki a betonkeverék vízigényének meghatározására, és a vízigényt a változatlan konzisztenciához, azaz a 17.5.4. táblázat szerinti k_v víztartóképeséghez tartozó cementtartalommal fejezte ki. MTA akadémiai doktori értekezésében (1989) és könyvének (2005) 4.2. fejezetében számpéldákon mutatja be a betonkeverék vízigényének számítását és a kiszámított vízigénynek megfelelő betonösszetétel meghatározását, amelyet célszerű eredetiben tanulmányozni, például itt: <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/22-ujhelyi-1989-nagydoktori-1.pdf>.

17.5.4. táblázat: A beton víztartóképesége Ujhelyi (1989 és 2005) fogalom-meghatározása és kísérletei szerint

A beton konzisztenciájának tájékoztató megnevezése					
Alig földnedves	Földnedves	Kissé képlékeny	Képlékeny	Folyós	Önthető
A beton víztartóképesége, k_v , s					
> 50	25 – 50	24 – 10	9 – 4	2 – 3	< 2

PÉPIGÉNY (lásd még könyvünk 1.5. fejezetét is)

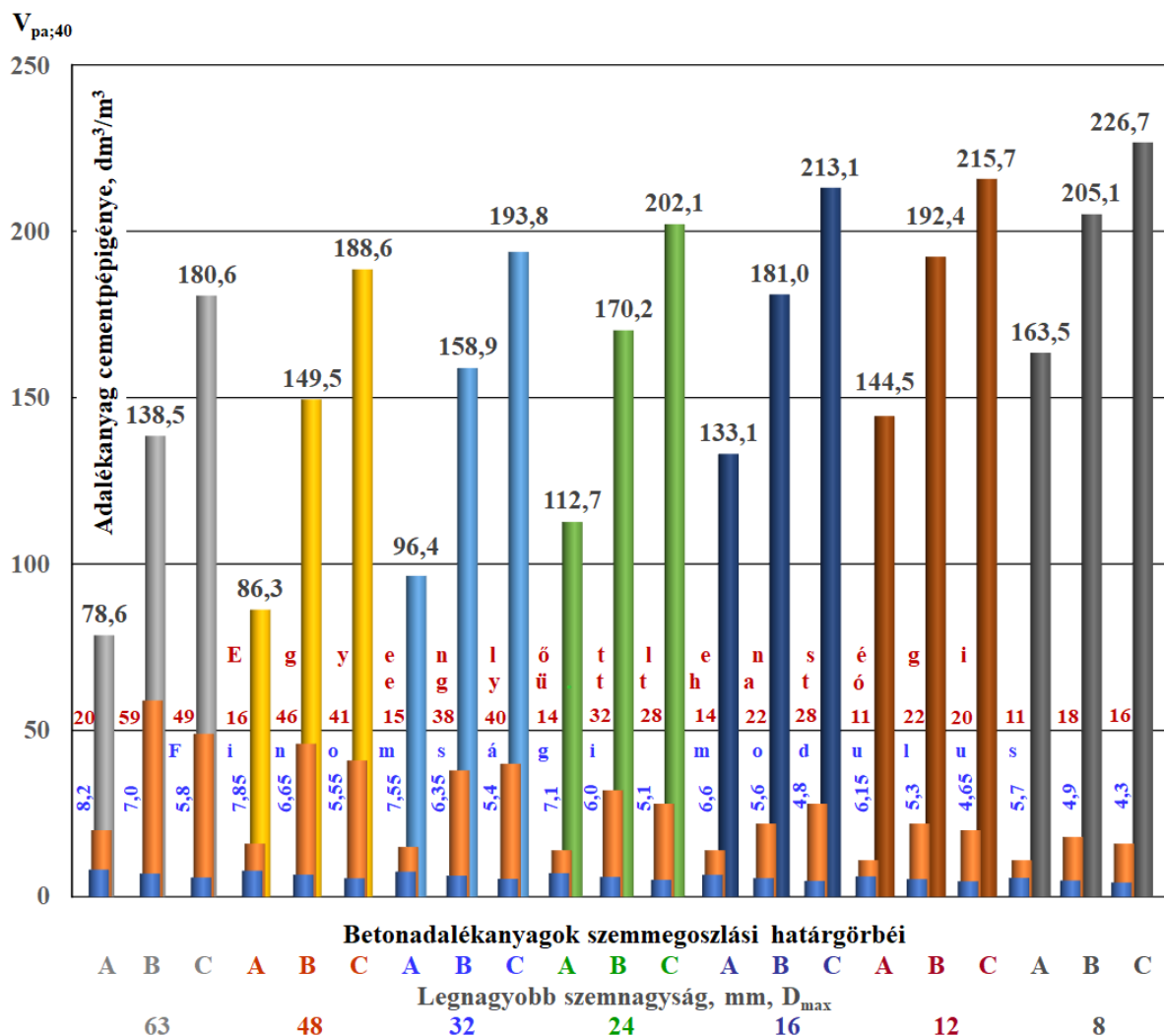
Az adalékanyag pépigénye (cementpépigénye) nem más, mint a lehető legtömörebb adalékanyagalmaz hízagtérfogata.

Ujhelyi (1989 és 2005) az adalékanyagok pépigényét (V_{pa}) a finomsági modulus és az $U = U_{70/10} = d_{70}/d_{10}$ egyenlőtlenségi együttható egyidejű figyelembevételével, az adalékanyag $k_v \geq 40$ s víztartóképségének megfelelő vízadagolás mellett ($V_{pa;40}$) a következőképpen írta fel:

$$V_{pa;40} = \left(340 + 50 \times \lg \frac{m}{4} \right) - \left(38 \times e^{\frac{2}{U-0,5}} \right) \times \left(m - 1,54 \times e^{\frac{1}{U-0,5}} \right)$$

Megjegyzés: Az $U_{70/10} = d_{70}/d_{10}$ egyenlőtlenségi együtthatóban d_{70} , illetve d_{10} a szemmegoszlási görbe 70%-os, illetve 10%-os ordináta-értékéhez tartozó szemmagyságot jelenti.

E függvény tartalmát a 17.5.3. ábrán szemléltetjük. Látható, hogy az adalékanyag cementpépigénye az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának (D_{max}) csökkenésével mérsékelten, a finomsági modulus csökkenésével, azaz a homoktartalom növekedésével jelentősen növekszik. Az adalékanyag térfogati fajlagos felületének növekedése a cementpépigény növekedésével jár.



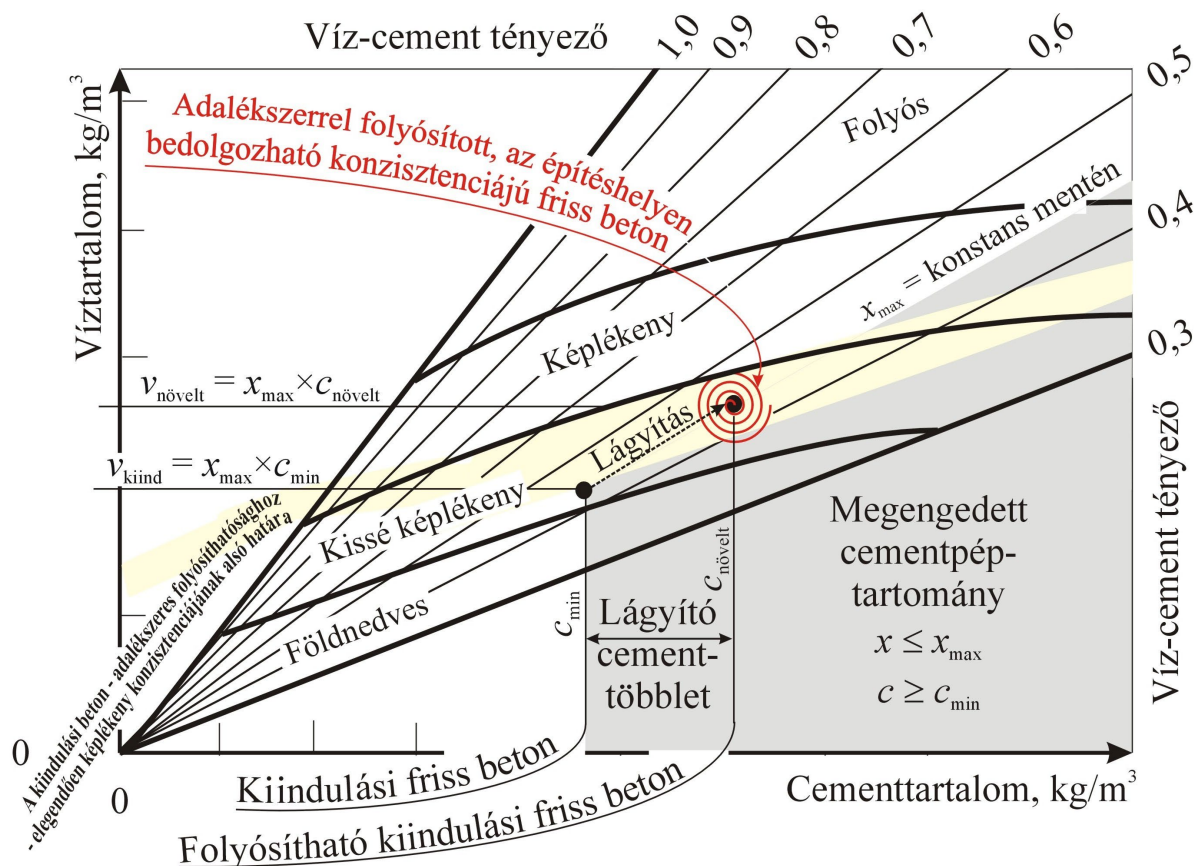
17.5.3. ábra: Az MSZ 4798:2016 szabvány határgörbéi szerinti szemmegoszlású, $k_v \geq 40$ s víztartóképségű adalékanyagok cementpépigénye a finomsági modulus és az $U_{70/10}$ egyenlőtlenségi együttható függvényében (Ujhelyi, 1989 és 2005)

LÁGYÍTÁS

Mint fenn említettük, ha az egyébként gondosan megtervezett összetételű kiindulási friss beton szárazsága folytán adalékszerrel nem folyósítható, akkor azt a megengedett legnagyobb vízcement tényező (x_{max}) megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom (c_{min})

A lágyítás, azaz a végleges betonösszetétel tervezésének szempontjai a következők:

- a folyósításhoz túl száraz kiindulási friss beton víztartalmát és cementtartalmát úgy emeljük meg, hogy a folyósíthatóvá tett (lágýított) kiindulási friss beton
 - víz-cement tényezője ne haladja meg a tervezett, megengedett legnagyobb értéket;
 - cement többletadagolása a kiindulási (előírt) $c_{\min}$ értékhez képest a lehető legkevesebb, de legalább annyi legyen, hogy a folyósítható beton cementpéptartalma érje el az adalékanyagghalmaz cementpépigényét (a lehető legtömörebb adalékanyagghalmaz hézagterfogatót), lásd a 17.5.3. ábrát;
- a folyósítható (lágýított) kiindulási friss beton – annak érdekében, hogy konzisztenciája az adalékszeres folyósíthatósághoz szükséges konzisztencia-tartomány (például a 17.5.4. ábrán sárgán színezett) alsó határterületére essék –
 - területi mértéke mintegy legalább 380 mm legyen, de lehetőleg ne haladja meg a 440 mm-t, mert akkor a lágýított beton összetartóképessége csökken (lásd a 17.5.1. ábrát);
 - víztartalma általában mintegy legalább 160 kg/m³ legyen; A betonkeverék vízigénye a cement és az adalékanyag vízigényéből becsülhető meg (lásd a 17.5.2. ábrát).



17.5.4. ábra: A kiindulási friss beton lágyítása a megengedett legnagyobb víz-cement tényező ($x_{\max}$) megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom ($c_{\min}$) növelésével, az adalékszeres folyósíthatóság érdekében (Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.).

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti környezeti osztályokhoz tartozó kiindulási friss betonok víztartalmát (keverővíztartalmát) a megengedett legnagyobb víz-cement tényező és a megkövetelt legkisebb cementtartalom értékének szorzásával a 17.5.5. táblázatban számítottuk ki ($v_{kiind} = x_{max} \times c_{min}$). Látható, hogy ez a víztartalom olykor kevés a friss beton építéshelyi bedolgozhatóságához és a folyósító adalékszer hatékony működéséhez.

17.5.5. táblázat: Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti környezeti osztályokhoz tartozó kiindulási friss betonok víztartalma (keverővíztartalma)

Környezeti osztály	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,90	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
Cementtartalom, legalább, kg/m ³	165	230	250	260	280	280	300
Kiindulási friss beton víztartalma, kg/m ³	148,5	172,5	175	169	168	154	150

Környezeti osztály	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45
Cementtartalom, legalább, kg/m ³	300	320	340	300	320	320
Kiindulási friss beton víztartalma, kg/m ³	150	144	153	165	160	144

Környezeti osztály	XF1	XF2	XF3	XF4	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,55	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Cementtartalom, legalább, kg/m ³	300	300	320	340	320	340	360
Kiindulási friss beton víztartalma, kg/m ³	165	165	160	153	160	153	144

Környezeti osztály	XA1	XA2	XA3	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,55	0,50	0,45	Víz-(hatékony kötőanyag) tényező, legfeljebb		
				0,45	0,43	0,40
Cementtartalom, legalább, kg/m ³	300	320	360	Hatékony kötőanyagtartalom, legalább/legfeljebb, kg/m ³		
				320/340	330/360	345/385
Kiindulási friss beton víztartalma, kg/m ³	165	160	162	144	141,9	138

Környezeti osztály	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)
--------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Víz-cement tényező, legfeljebb	0,5	0,45	0,40	0,38	0,55	0,50	0,45
Cementtartalom, legalább, kg/m ³	310	330	350	370	300	300	300
Kiindulási friss beton víztartalma, kg/m ³	155	148,5	140	140,6	165	150	135

Az XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályú kiindulási friss beton összetételét a *lágypítás* során a 17.5.5. táblázat figyelembevételével például úgy kell áttervezni, hogy

- az XF3(H) környezeti osztályú kiindulási friss betont 340 kg/m³ cementtartalom helyett 355 kg/m³ cementtartalommal készítjük ahhoz, hogy a víztartalma $0,45 \times 355 = 159,7$ kg/m³ legyen,
- az XF4(H) környezeti osztályú kiindulási friss betont 360 kg/m³ cementtartalom helyett 400 kg/m³ cementtartalommal készítjük ahhoz, hogy a víztartalma $0,4 \times 400 = 160,0$ kg/m³ legyen.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti 135 kg/m³ értékű alsó víztartalom érték, mint az egyik szélső eset, 55 kg/m³ cementtöbblettel $0,45 \times 355 = 159,7$ kg/m³ értékre emelhető (XV3(H) környezeti osztály).

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti 138 kg/m³ értékű alsó víztartalom érték, mint a másik szélső eset, 55 kg/m³ hatékony kötőanyag-többlettel $0,4 \times 400 = 160,0$ kg/m³ értékre emelhető (XA6(H) környezeti osztály). Ez utóbbi 400 kg/m³ hatékony kötőanyag-tartalom az XA6(H) környezeti osztályban megkövetelt hatékony kötőanyag-tartalom (345 kg/m³) 116%-a, ami nagyobb annál, mint amennyit a portlandittartalom (Ca(OH)₂-tartalom) korlátozása, illetve a beton savállósága érdekében az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban megengednek (105%). Ha azonban azt akarjuk, hogy a kiindulási friss beton víztartalma 160 kg/m³ lehessen, akkor meg kell engedni, hogy a legnagyobb hatékony kötőanyag-tartalom az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban a legkisebb hatékony kötőanyag-tartalomnak 105%-a helyett rendre a 112%-a (358 kg/m³), 114%-a (376 kg/m³) és 116%-a (400 kg/m³) lehessen.

17.5.2. Friss beton eltarthatósági ideje

A friss beton a keverést követően az idő múlásával lágyságából egyre többet veszít, egyre szárazabbá, merevebbé, kevésbé mozgékonyá, nehezebben bedolgozhatóvá válik; azt mondjuk, hogy a beton konzisztenciája viszonylag rövid időn belül a földnedvesebb állag felé változik, viszkozitása növekszik, fluiditása csökken, *betontechnológiai szempontból romlik* (Ansteifen, das heißt die zeitabhängige Konsistenzveränderungen (Wierig et. al., 1998)).

Közbevetőleg (<http://www.betonopus.hu/szakmernoki/173-viszkozitas.pdf>, *könyvünk 1.1. és 1.5. fejezete*):

A *viszkozitás* az a nyíróerő, amely az anyag belsejében az alakváltozással szemben hat, tehát tulajdonképpen belső súrlódás. A folyékonyabb anyag viszkozitása kisebb.

A *fluiditás* (folyékonyság) a viszkozitás reciproka. A folyékonyabb anyag fluiditása nagyobb.

A még elfogadható betonkonzisztencia-romlás időtartamát a „beton eltarthatóságának”, olykor „bedolgozhatósági időnek” nevezzük (németül: Konsistenzhaltung, Verarbeitbarkeitszeit, Verarbeitungszeit). A beton eltarthatóságának elsősorban a transzportbetonok esetén van nagy jelentősége, beleértve az évszakonként eltérő átlagos hőmérsékletek hatását is.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 7.7. szakasza szerint a friss beton eltarthatósága az az időtartam,

amely alatt a betonkeverék a víz hozzáadásától számítva a bedolgozhatóságából csak annyit veszít, hogy az adott körülmények (hőmérséklet, víz-cement tényező, cementtípus, szállítási távolság stb.) között még kellő tömörségűre bedolgozható, azaz nem kezdődött meg sem a beton merevedése, sem a cement kötése.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetének 4.2.1.3. szakaszában olvashatjuk, hogy a friss betont általában azon időtartamon át lehet eltarthatónak tekinteni, amely alatt

- a friss betonkeverék konzisztenciája legfeljebb egy konzisztencia osztállyal,
- a betömörített beton testsűrűsége legfeljebb 30 kg/m³-rel,
- a 28 napos korú betonpróbatestek nyomószilárdsága legfeljebb 10%-kal

csökken a keverés után azonnal vett minták vizsgálati eredményeihez képest.

Az eltarthatóság vizsgálatához az adott összetételű, adott hőmérsékleten megkevert betonkeverékből azonnal, majd tartályba helyezése és légmentes lefedés után 20 percenként kell olyan mennyiségű mintát kivenni, amelyből a konzisztencia vizsgálata elvégezhető, és legalább 3 darab nyomószilárdság-vizsgálati próbatest készíthető. A konzisztenciát a beton megkeverése után, majd 20 percenként; az azonnali és 20 percenkénti mintavételekhez tartozó nyomószilárdságot és testsűrűséget a beton 28 napos korában kell megvizsgálni. A vizsgálatokat minden esetben az MSZ 4798:2016 szabványban leírtaknak megfelelően kell végezni, és a vizsgálati eredményeket jegyzőkönyvben fel kell jegyezni.

A visszavont MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv 2. táblázata szerint a transzportbeton szállítási időtartama a 17.5.6. táblázat szerinti lehet. Adott hőmérsékleten a lágyabb beton hosszabb ideig, illetve messzebbre szállítható. A megengedett szállítási időtartamon belül érkezett szállító gépkocsiból a friss betont félórán belül ki kell üríteni, és be kell dolgozni.

17.5.6. táblázat: Transzportbeton megengedett szállítási időtartama a visszavont MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv 2. táblázata szerint

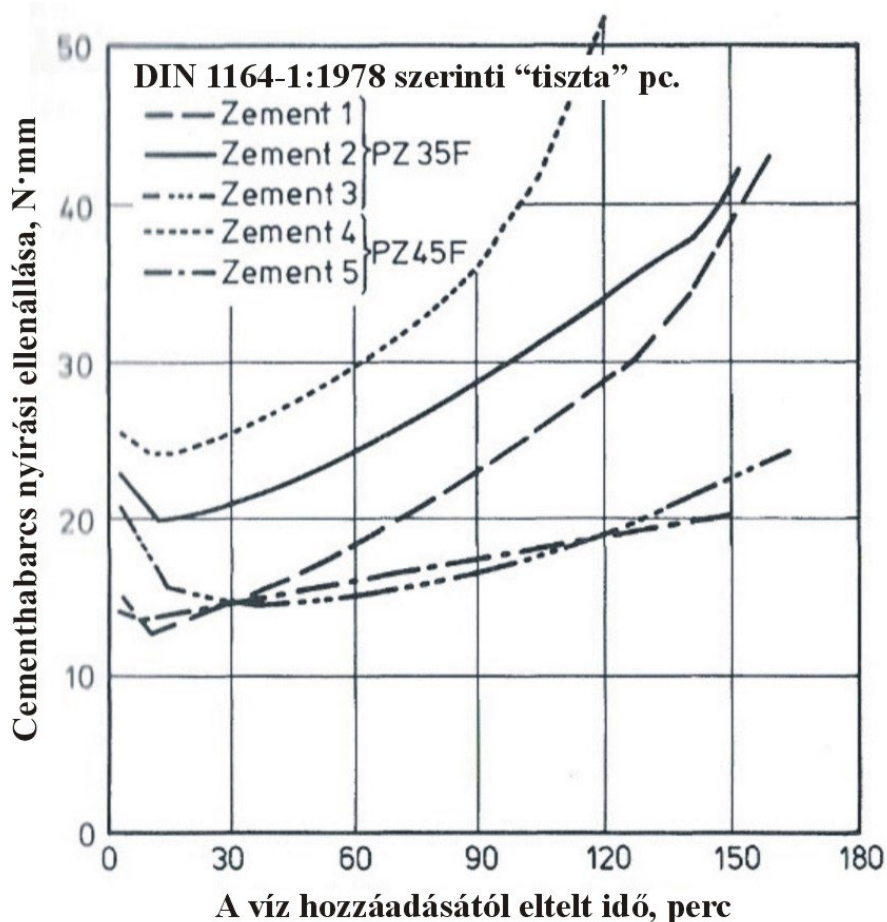
Szállítási időtartam legfeljebb, perc	Konzisztencia	Hőmérséklet °C
30	Földnedves – Kissé képlékeny	20 – 30
45	Földnedves – Kissé képlékeny	5 – 19
60	Kissé képlékeny – Folyós	20 – 30
90	Kissé képlékeny – Folyós	5 – 19

Tapasztalatok szerint (Grübl et al., 2001) például az F3 (420-480 mm területi mértékű) kiindulási konzisztenciájú friss beton területi mértéke a folyamatos keverés ellenére egy óra alatt 80-140 mm-rel csökkenhet, tehát a kiindulási képlékeny konsztencia alig földnedvessé válhat.

A konzisztencia időbeli romlását okozza, illetve okozhatja:

- a keverővíz párolgása;
- esetenként az adalékanyag vízfelvétele;
- folyósító adalékszer használata esetén a folyósító hatás csökkenése (lásd *könyvünk 17.5.3. fejezetét*);
- a cementpép viszkozitásának időbeli növekedése (kötési folyamata).

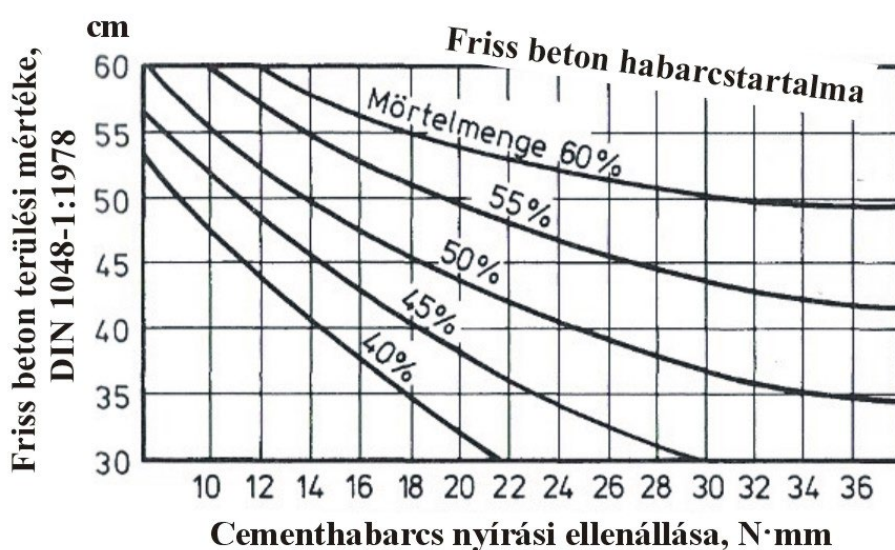
A *cementek kötési folyamata* betonkonzisztencia-rontó hatásának mértékére a cementpépek, cementhabarcsok nyírási ellenállása időbeli változásának rotációs viszkoziméteres mérési eredményeiből lehet következtetni (Grübl et al., 2001), (Springenschmid, 2007), mint a 17.5.5. és 17.5.6. ábrán látni.



17.5.5. ábra:

Példa a cementhabarcsok rotációs viszkoziméterrel mért nyírési ellenállásának időbeli változására, Teubert et al. (1982) után (Grübl et al., 2001)

Megjegyzés a 17.5.5. ábrához: A visszavont DIN 1164-1:1978 cementszabvány szerinti PZ 35 F jelű nagykezdőszilárdságú (F → Frühhochfest) portlandcement lényegében az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti CEM I 32,5 R jelű, a régi német PZ 45 F jelű pedig a mai CEM I 42,5 R jelű portlandcementnek felel meg. Ezekben a klinker trikálcium-szilikát-tartalma (C_3S) mintegy 70 tömeg% volt (Krenkler, 1980), és 2 napos korra a PZ 35 F jelű cement 10 N/mm^2 , a PZ 45 F jelű cement 20 N/mm^2 nyomószilárdságot ért el.



17.5.6. ábra:

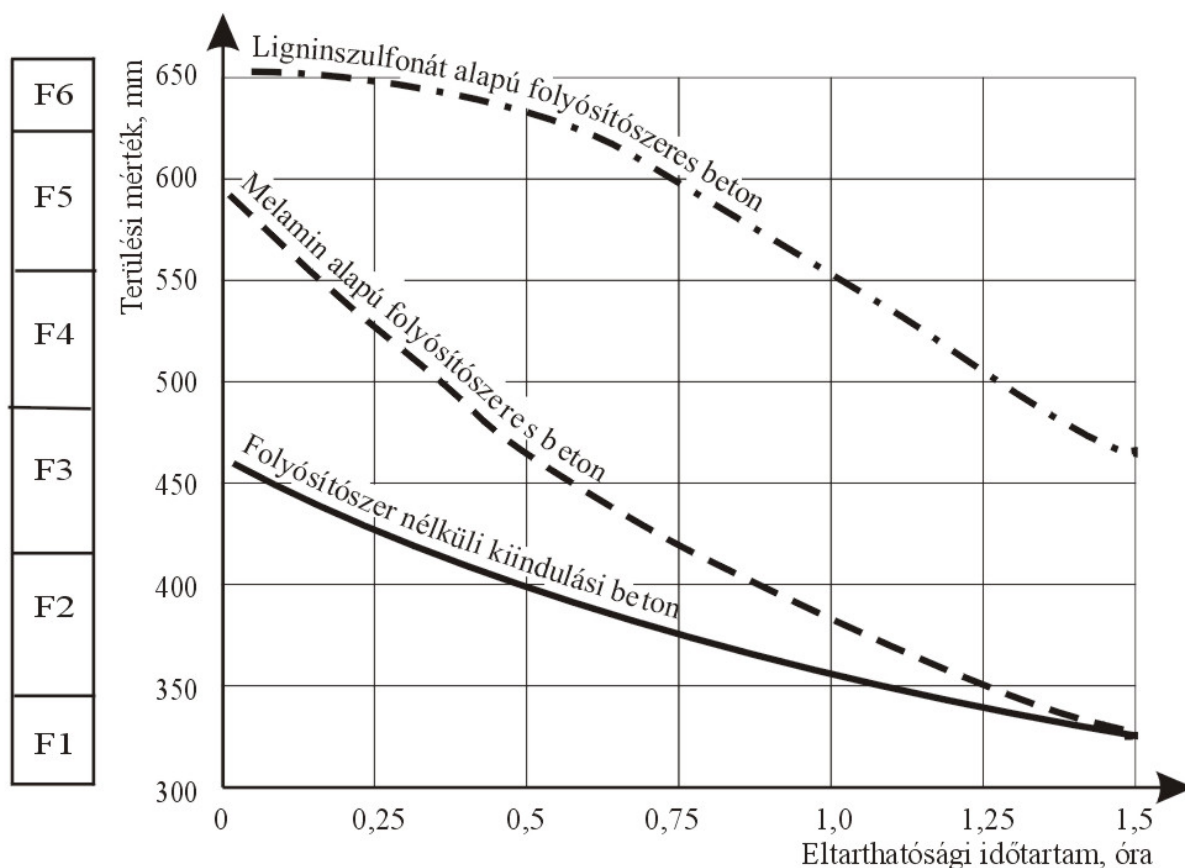
Példa a cementhabarcsok rotációs viszkoziméterrel mért nyírési ellenállásának és a különböző habarcestalmú friss betonok területi mértékének összefüggésére, Freese (1982) után (Grübl et al., 2001)

17.5.3. Folyósító adalékszeres friss beton eltarthatósági ideje

Eltarthatósági idő németül: Haltbarkeit

A friss betonba kevert folyósító adalékszer hatása bizonyos idő múltán lecseng, és ez a folyósított friss beton eltarthatósági idejének is határt szab. Az adalékszer folyósító hatásának megszűntével a folyósítószeres beton konzisztenciája lényegében a kiindulási friss beton konzisztenciájának, testsűrűségének és a megszilárdult beton tulajdonságainak feleljen meg. A folyósítószeres betonnak a megszilárdult betonra vonatkozó követelményeket folyósító adalékszer nélkül is ki kell elégítenie (Bonzel et al., 1973), (Grübl et al., 2001).

A folyósítószeres friss betont az eltarthatósági időtartamon belül be kell dolgozni (17.5.7. ábra). Messzire szállított transzportbeton esetén a folyósítószer röviddel a bedolgozás előtt célszerű a mixergépkocsiban a kiindulási friss betonhoz keverni, a keverési idő legalább 3 perc legyen (Bonzel et al., 1973). A friss beton eltarthatósági időtartamát, illetve kellő bedolgozhatóságát külső körülményként a környezeti feltételek, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, belső körülményként a beton hőmérséklete és összetétele, mint például a cementfajta, a cementtartalom, a víz-cement tényező, az adalékszerhatás befolyásolja (Wierig et al., 1990). A friss beton eltarthatóságát a gyakorlatban a hőmérséklet függvényében a konzisztencia-, a testsűrűség- és a nyomószilárdság-változás függvényeként szokás kifejezni.



17.5.7. ábra: 320 kg/m³ portlandcementtartalmú, 0,56 víz-cement tényezőjű friss beton eltarthatósági időtartama 20 °C hőmérsékleten Wesche (1993) és Kern és szerzőtársai (1976) után

17.5.3. Folyósító adalékszeres friss beton eltarthatósági ideje

Érdekes lehet a légbuborékképzővel beállított konzisztenciájú, azaz az LP-beton eltarthatósági ideje.

Nem tudom, hogy kell-e ilyen fejezet külön. Ha kell, akkor a fenti szöveget (mindenhol máshol) meg kell igazítani.

Összegezve: Az európai betonszabványok bevezetése a konzisztencia jellemzése terén új helyzetet teremtett. Megváltoztak a konzisztencia osztályok, a konzisztencia jelölése a korábbinál sokrétűbbé vált, néhány régi konzisztencia vizsgálati módszer elvesztette érvényét, más módszerekben eljárásbeli változások vannak, és van vizsgálati módszer, amelyet most szabványosítottak. A betontechnológia fejlődésével megjelent az önterülő és öntömörödő beton, amelynek konzisztencia vizsgálati módszerei a hagyományostól eltérnek.

Ha a beton szabványos jele szerinti, folyósító adalékszer nélküli beton konzisztenciája földnedvesebb (szárazabb, merevebb) az elvárt építéshelyi bedolgozási konzisztenciánál, akkor a betonhoz folyósító adalékszerrel kell keverni. Az ilyen folyósító adalékszer nélkül készülő, de képlékenyítésre, folyósításra nem feltétlenül alkalmas összetételű friss betont kiindulási friss betonnak nevezzük. A folyósító adalékszer hatásának érvényesüléséhez olykor a kiindulási friss betont a megengedett legnagyobb víz-cement tényező megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom növelésével lágyítani szükséges.

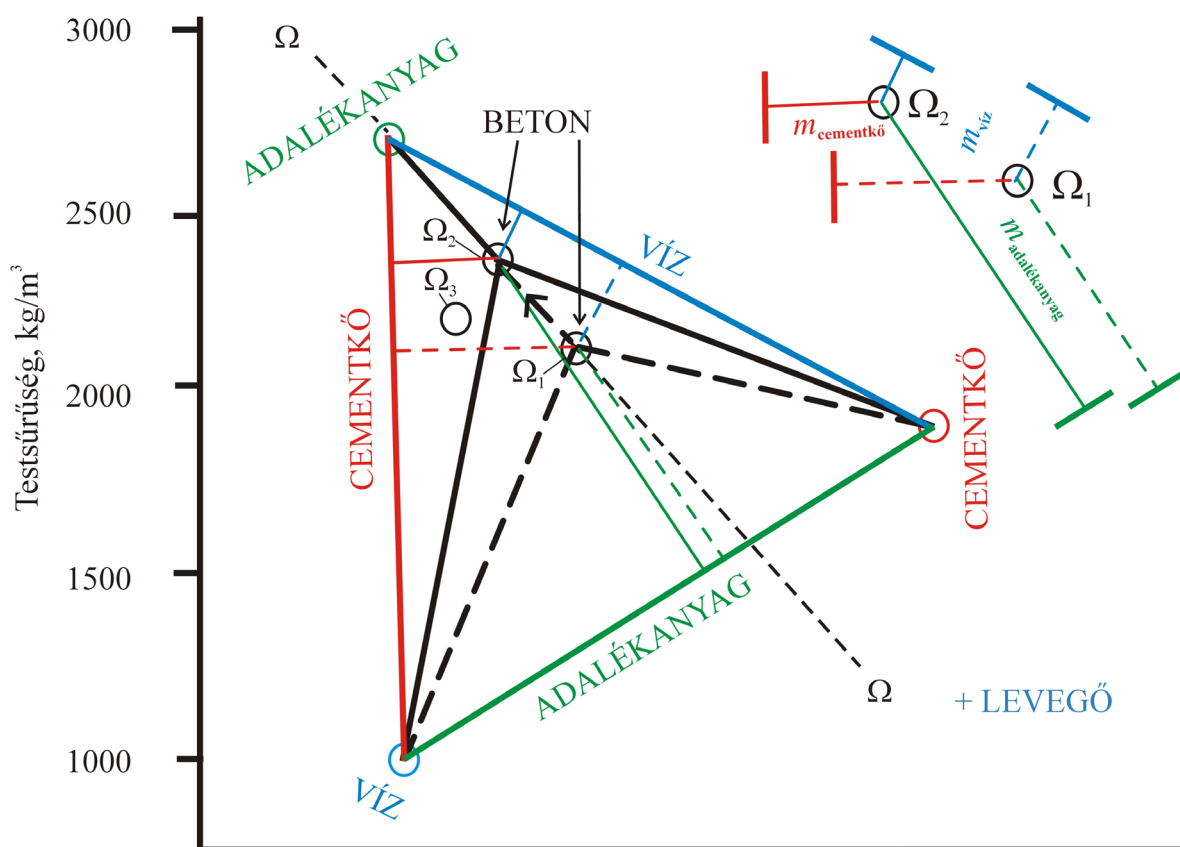
18. TESTSŰRŰSÉG

A testsűrűség a porózus anyagi test tömegének és teljes térfogatának (beleértve a pórusok térfogatát is) hányadosa. A beton testsűrűsége korától, porozitásától, víztartalmi állapotától, összetételétől, az összetevők testsűrűségétől stb. függ.

Ha valamely beton levegőtartalmát (pórustartalmát) változatlanak tekintjük, attól elvonatkoztatunk és így a megszilárdult betont háromfázisú-rendszernek fogjuk fel, akkor összetételének és az összetevők testsűrűségének hatását a beton testsűrűségére háromszög-diagramban szemléltethetjük (18.1. ábra). A befoglaló háromszög egyenlő oldalú, az Ω csúspontok a koordináta-rendszerben a megjelenített anyag testsűrűségének megfelelően helyezkednek el: az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a betonban lévő víz sűrűsége 1000 kg/m^3 , az adalékanyag testsűrűsége 2650 kg/m^3 , a cementkő testsűrűsége 1900 kg/m^3 ; Powers (1947, 1948) szerint ugyanis a cementkő porozitása a hidratáció kezdeti és végső állapotában például $x = 0,35$ értékű víz-cement tényező esetén $0,52 - 0,30$ vagy például $x = 0,60$ értékű víz-cement tényező esetén $0,65 - 0,49$. Ezekből a testsűrűség arányokból az következik, hogy ha változatlan beton levegőtartalom mellett a cementkő:adalékanyag tömegarányt csökkentjük, akkor a beton testsűrűsége növekedni fog.

A „testsűrűség” háromszög-diagramban a cementkő, az adalékanyag és a víz tömegének (M) arányát a betonban az Ω csúspontú részháromszögek területaránya, illetve a részháromszögek magasságának (m) aránya fejezi ki:

$$M_{\text{cementkő}} : M_{\text{adalékanyag}} : M_{\text{víz}} = m_{\text{cementkő}} : m_{\text{adalékanyag}} : m_{\text{víz}}$$



Megszilárdult beton fázisai

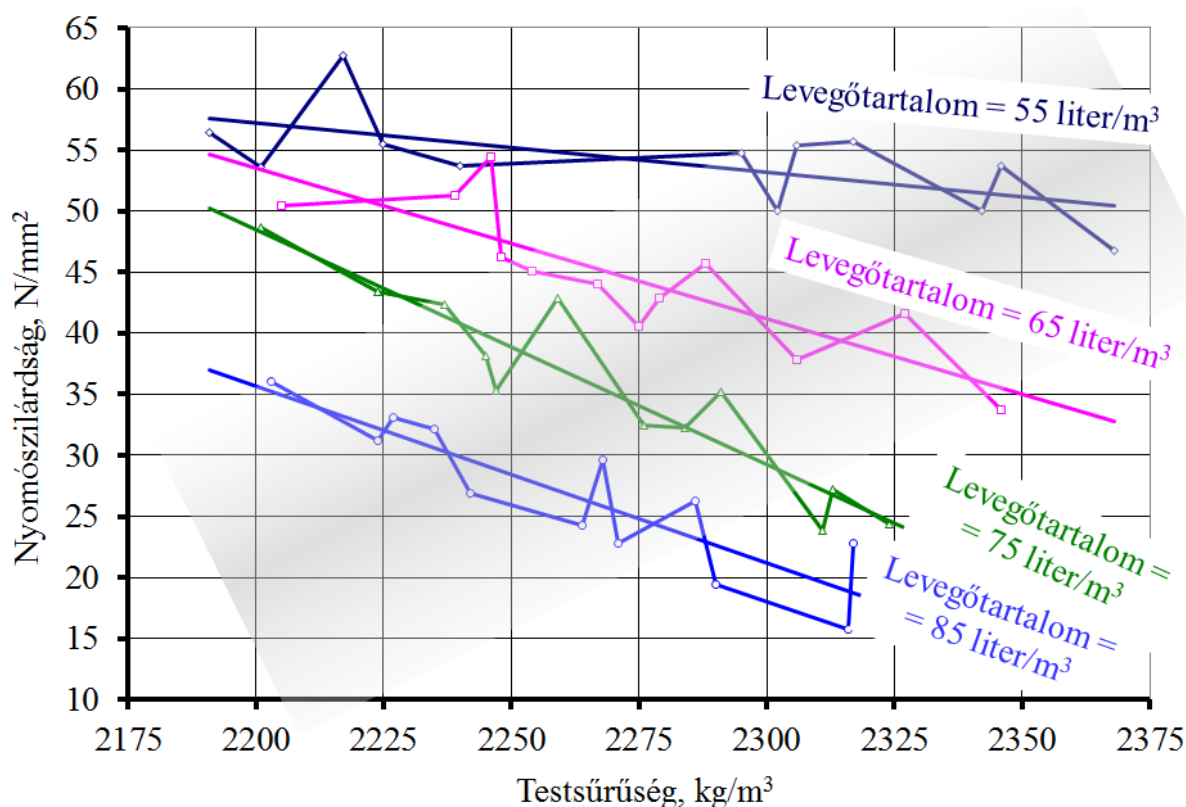
18.1. ábra: A megszilárdult beton összetételének és az összetevők testsűrűségének hatása a beton testsűrűségére; víz alatt ez esetben a beton szabad vizének és a cementkő kapilláris vizének mennyiségét értve (Kausay 2000)

Ha a cementkő:adalékanyag tömegarány úgy csökken, hogy a háromszög diagramban például

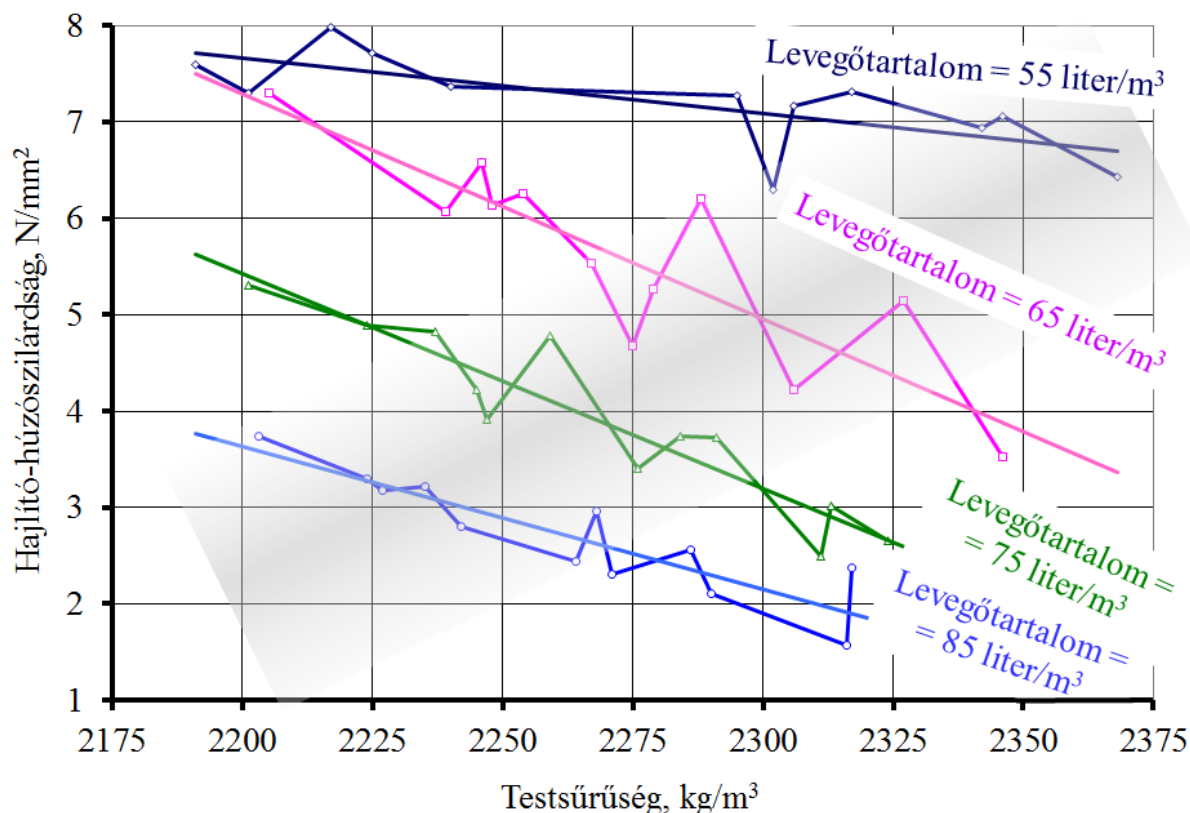
az Ω_1 részháromszög-csúcspont az Ω - Ω összekötő vonal mentén az Ω_2 helyre kerül, akkor a víz-cementkő térfogatarány nem változik; ha az Ω - Ω összekötő vonaltól balra, például az Ω_3 helyre kerül, akkor az a víz-cementkő térfogatarány növekedésének eredménye. Az első esetben a víz:cementkő részháromszögek területaránya nem változott, a második esetben megnőtt.

E „testsűrűség” háromszög-diagrammal magyarázható a 18.2. és 18.3. ábrán látható jelenség. Könnyen belátható, hogy a levegőtartalom csökkenésével mind növekvő, mind változatlan testsűrűség esetén a beton szilárdsága rendszerint növekszik. Ezzel szemben elgondolkasztató, hogy változatlan vagy csak kissé csökkenő levegőtartalom esetén a növekvő testsűrűség ellenére a beton szilárdsága tendenciájában csökken; ennek az a magyarázata, hogy a beton levegő-, illetve pórustartalom csökkenés nélküli testsűrűség-növekedése – mint azt a 18.1. ábrán az Ω_1 csúcspont feljebb tolódása jelezte – a kisebb cement-, cementpép-, cementkőtartalom következménye, ami a szilárdság alakulására kedvezőtlenül hat.

A 18.1. ábrához is kapcsolódva a beton testsűrűségének csökkenő cementtartalom melletti növekedésére a 18.1. táblázatban található számpélda. A 18.2. és 18.3. ábra kapcsán tett megállapítás, hogy csökkenő cementtartalom mellett növekedhet a beton testsűrűsége, úgy is hangozhat, hogy a beton testsűrűségének csökkenése növekvő cementtartalom következménye is lehet. Természetesen a beton testsűrűsége akkor is változhat, ha az adalékanyag testsűrűsége megváltozik. Így érthetővé válik, hogy az MSZ 4798:2016 szabvány F1. és NAD F1. táblázatában miért a friss beton levegőtartalom-értékeket írták elő a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány F1. és NAD F1. táblázatában szereplő testsűrűség követelmény-értékek helyett.



18.2. ábra: Példa a 28 napos beton nyomószilárdsága változásának tendenciájára a megszilárdult beton testsűrűsége és levegőtartalma függvényében (Kausay 1998)



18.3. ábra: Példa a 28 napos beton hajlító-húzószilárdsága változásának tendenciájára a megszilárdult beton testsűrűsége és levegőtartalma függvényében (Kausay 1998)

18.1. táblázat: Példa a beton testsűrűségének növekedésére csökkenő cementtartalom mellett

Feltételek: A cementkőbe a cement 30 tömeg%-át kitevő víz épül be.			
$x = 0,55$	$\rho_{\text{cement}} = 3100 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{\text{adalékanyag}} = 2640 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{\text{cementpép}} = 1776 \text{ kg/m}^3$
1. példa		A beton összetétele	2. példa
tömeg szerint kg/m^3	térfogat szerint m^3/m^3	tömeg szerint kg/m^3	térfogat szerint m^3/m^3
$M_C = 310$	$V_C = 0,100$	$M_C = 280$	$V_C = 0,090$
$M_V = 170$	$V_V = 0,170$	$M_V = 154$	$V_V = 0,154$
$M_A = 1873$	$V_A = 0,710$	$M_A = 1942$	$V_A = 0,736$
–	$V_L = 0,020$	–	$V_L = 0,020$
Összesen			
$\rho_{\text{friss}} = 2353 \text{ kg/m}^3$	$V_{\text{Beton}} = 1,000$	$\rho_{\text{friss}} = 2376 \text{ kg/m}^3$	$V_{\text{Beton}} = 1,000$
Pórusmentes beton testsűrűsége, kg/m^3			
$2353/0,98 = 2401$		$2376/0,98 = 2425$	
A megszilárdult kiszáritott beton várható testsűrűsége, kg/m^3			
$\rho_{\text{megszilárdult betn}} = \rho_{\text{friss beton}} - (x - 0,3) \times M_C$			
2276		2306	

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton tervezett összetételéből (beleértve a szabvány F melléklete alapján tervezett levegőtartalmat is) ki kell számítani a friss beton tervezett testsűrűségét. A friss beton összetétele akkor megfelelő, ha a friss, bedolgozott beton

„tapasztalati” testsűrűsége próbatesten mérve a szokványos beton és nehézbeton esetén a tervezett értéknél legfeljebb 1,5%-kal kisebb, könnyűbeton esetén a tervezett értéktől legfeljebb $\pm 2\%$ -kal tér el.

18.1. FRISS BETON TESTSÚRÚSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A bedolgozott friss beton testsűrűségének döntő jelentősége van. A tervezetthez képest minden 1 térfogat% testsűrűség hiány 10 liter/m³ többletlevegőt, azaz a tervezetthez képest +1% levegőzárványt jelent. Minden +1 térfogat% levegőtartalom 4-5% nyomószilárdság csökkenést okoz, ezért az egymásnak kölcsönösen megfelelő betonösszetétel, konzisztencia és tömörítési módszer a betonkészítés alapvető követelménye, feltétele (MSZ 4798:2016).

A bedolgozott friss beton tényleges (tapasztalati) testsűrűségét az MSZ EN 12350-6:2009 szabvány szerint kell megmérni.

A bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűség mérési eredményeit – a betonösszetétellel együtt – mindig fel kell jegyezni a próbatesteket kísérő mintavételi és vizsgálati jegyzőkönyvbe, hogy abból a fenti feltétel teljesülése későbbi időpontban – például a nyomószilárdság vizsgálat során – is ellenőrizhető legyen. Megjegyzendő, hogy a próbatestek készítésekor a testsűrűségen kívül a konzisztencia mérő számot (például $F = 430$ mm) és a levegő hőmérsékletét is mérni és jegyzőkönyvezni kell.

A bedolgozott friss beton *tervezett testsűrűsége* a tervezett levegőtartalom, a beton tervezett összetétele és a beton főbb alkotó anyagainak testsűrűsége alapján a következőképpen számítható ki:

$$\rho_{\text{friss beton tervezett}} = M_C + x \cdot M_C + \rho_A \cdot \left(1 - \frac{M_C}{\rho_C} - \frac{x \cdot M_C}{1000} - \frac{V_L\%}{100} \right) \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

ahol:

- M_C = a beton tervezett cementtartalma, kg/m³
- x = a beton tervezett víz-cement tényezője
- $M_V = x \cdot M_C$ = a keverővíz tömege 1 m³ bedolgozott friss betonban, kg/m³
- $V_L\%$ = a friss beton tervezett levegőtartalma a 10.2., illetve 10.3. táblázat szerint, térfogat%
- ρ_C = a cement anyagsűrűsége, kg/m³
- ρ_A = az adalékanyag keverék szemeinek súlyozott testsűrűsége kiszáritott állapotban, kg/m³:

$$\rho_A = \frac{1}{\left(\frac{\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{\beta}{\rho_\beta} + \frac{\gamma}{\rho_\gamma} + \dots \right)} \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

ahol:

- $\alpha, \beta, \gamma \dots$ = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók tömegaránya, 0 és 1 közé eső nevezetlen szám
- $\rho_\alpha, \rho_\beta, \rho_\gamma \dots$ = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók szemeinek átlagos testsűrűsége kiszáritott állapotban, kg/m³

A ρ_A súlyozott testsűrűséget kell használni az adalékanyag keverékre akkor is, ha annak természetes adalékanyag frakciói különböző fajtájú kőzetek (például homok, kavics, mészkő, andezit vagy bazalt zúzottkő stb.).

A bedolgozott friss beton tényleges testsűrűségének megmérése után ellenőrizni kell, hogy a bedolgozott beton testsűrűsége eléri-e a fentiek szerint tervezett testsűrűséggel, és ha nem, akkor ebben az esetben is a bedolgozás módján – feltételezve a friss beton próbatestek és a

szerkezetbe bedolgozott beton közelítőleg azonos tömörségét – vagy a beton összetételén változtatni kell.

Például az $M_C = 300 \text{ kg/m}^3$ tervezett cementtartalmú, $x = 0,5$ víz-cement tényezőjű, $V_L\% = 2$ térfogat% tervezett levegőtartalmú bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége, ha a cement anyagsűrűsége $\rho_C = 3100 \text{ kg/m}^3$, és az adalékanyag keverék testsűrűsége $\rho_A = 2640 \text{ kg/m}^3$:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{friss beton}} &= 300 + 0,5 \cdot 300 + 2640 \cdot \left(1 - \frac{300}{3100} - \frac{0,5 \cdot 300}{1000} - \frac{2}{100}\right) = \\ &= 300 + 150 + 2640 \cdot 0,7332 = 300 + 150 + 1936 = 2386 \text{ [kg/m}^3\text{]}\end{aligned}$$

ahol az 1 m^3 bedolgozott friss betonban lévő cement tömege $M_C = 300 \text{ kg}$, a víz tömege $M_V = 150 \text{ kg}$, az adalékanyag tömege $M_A = 1936 \text{ kg}$, összesen $M_C + M_V + M_A = 2386 \text{ kg}$; továbbá a cement térfogata $V_C = 300/3,1 = 96,77$ liter, a víz térfogata $V_V = 150$ liter, az adalékanyag szemek térfogata $V_A = 1936/2,64 = 733,23$ liter, a levegő térfogata $V_L = 20$ liter, összesen $V_C + V_V + V_A + V_L = 1000$ liter.

A bennmaradt levegőtartalomra (levegőzárványok) tekintettel, az MSZ 4798:2016 szabvány 21. és 22. táblázatának megfelelően, a szabvány 5.4.5. szakaszának (8) bekezdése szerint a bedolgozott szokványos – légbuborékképző adalékszer nem tartalmazó – friss beton próbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűségének a tervezett friss beton testsűrűségénél legfeljebb 1,5%-kal szabad kisebbnek lennie (ez szokványos beton esetén mintegy 36 kg/m^3 testsűrűséghiánynak, illetve $15 \text{ liter/m}^3 = 1,5$ térfogat% levegőtöbbletnek felel meg), azonban *átlagos tapasztalati* (mért) testsűrűségüknek (ha egy próbatest egy mintát alkot), illetve a több próbatest alkotta minták átlagos testsűrűségeinek átlagából számított testsűrűségnek nem szabad kisebbnek lennie, mint a friss beton tervezett testsűrűsége, mert csak ebben az esetben teljesül a környezeti osztályban (10.1. táblázat) a friss beton megengedett levegőtartalmára és megkövetelt cementtartalmára vonatkozó követelmény.

Ha beton légbuborékképző adalékszer tartalmaz, akkor az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.5. szakasza (9) bekezdésének megfelelően a friss beton próbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűségének a friss LP-beton tervezett testsűrűségénél legfeljebb 1,5%-kal szabad kisebbnek lennie (ez szokványos beton esetén mintegy 34 kg/m^3 testsűrűséghiánynak, illetve $15 \text{ liter/m}^3 = 1,5$ térfogat% levegőtöbbletnek felel meg), és legfeljebb 0,5%-kal szabad nagyobbak lennie (ez szokványos beton esetén mintegy 11 kg/m^3 testsűrűség-többletnek, illetve $5 \text{ liter/m}^3 = 0,5$ térfogat% levegőhiánynak felel meg) azonban *átlagos tapasztalati* (mért) testsűrűségüknek (ha egy próbatest egy mintát alkot), illetve a több próbatest alkotta minták átlagos testsűrűségeinek átlagából számított testsűrűségnek nem szabad nagyobbak lennie, mint a friss beton tervezett testsűrűsége, mert csak ebben az esetben teljesül a környezeti osztályban (10.1. táblázat) a friss LP-beton előírt levegőtartalmára, megkövetelt cementtartalmára és fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állóságára vonatkozó követelmény.

A visszavont MSZ 4715-4:1987 szabványban úgy rendelkeztek, hogy a friss beton próbatestek testsűrűsége a friss beton tervezett testsűrűségétől legfeljebb $\pm 50 \text{ kg/m}^3$ értékkel térjen el.

Az MSZ EN 12350-6:2009 szabvány testsűrűségmérési ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett két friss beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 15 kg/m^3 ;

- ha két *laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy friss beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összehasonlítható, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 29 kg/m^3 .

A fenti feltételeknek meg nem felelő friss beton próbatesteket nem szabad a vizsgálati próbatestek közé besorolni, és nem szabad a megszilárdult beton nyomószilárdsági követelményeinek az igazolásához felhasználni. Ha az adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel a fenti feltétel nem teljesíthető, akkor valószínű, hogy a szerkezetbe bedolgozott friss beton sem lesz kellő tömörségű, és ezért a betonösszetételt át kell tervezni vagy a tömörítés módját (például a vibrátorok rezgésszámát, teljesítményét stb.) felül kell vizsgálni. Ezt az ellentmondást azonban már a gondosan végzett gyári próbakeverés (kezdeti gyártás) során észre kell venni.

Összegezve: Még meg kell írni.

18.2. MEGSZILÁRDULT BETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A 60 ± 5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig kiszáritott megszilárdult beton testsűrűségét az MSZ EN 12390-7:2019 szerint kell meghatározni.

Ha a testsűrűség mérést szabványosan (kizsaluzás után végig víz alatt) tárolt nyomószilárdság vizsgálati próbatest felhasználásával végzik, akkor

- egyrészt közvetlenül a nyomószilárdság vizsgálat előtt, a vizes próbatesten el kell végezni a méretfelvételt és a tömegmérést, és ezek eredményéből ki kell számítani a vizes beton testsűrűségét (ρ_{vizes}),
- másrészt közvetlenül a nyomószilárdság vizsgálat után az eltört próbatest – tálcára vagy edénybe helyezett – lehetőleg teljes vizes anyagmennyiségének gyorsan meg kell mérni a tömegét, majd ezt az anyagmennyiséget tömegállandóságig 60 ± 5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, kiszáritott állapotban is meg kell mérni a tömegét, és ki kell számítani a beton törési (szilárdság vizsgálati) víztartalmát (n). Ezeknek az adatoknak a felhasználásával kell a kiszáritott állapotú beton testsűrűségére következtetni:

$$\rho_{\text{kiszáritott}} = \frac{\rho_{\text{vizes}}}{1 + n} = \frac{\rho_{\text{vizes}}}{1 + \frac{n\%}{100}}$$

ahol:

$\rho_{\text{kiszáritott}}$	=	a beton testsűrűsége 60 ± 5 °C hőmérsékleten kiszáritott állapotban, kg/m^3
ρ_{vizes}	=	a kizsaluzás után vízben tárolt próbatesten meghatározott testsűrűség, kg/m^3
n	=	a betondarabon meghatározott, tömegarányban kifejezett víztartalom, 1-nél kisebb nevezetlen szám; a betondarabban lévő, 60 ± 5 °C hőmérsékleten elgőzölhető víz tömegének, és az ugyanezen a hőmérsékleten kiszáritott betondarab tömegének a hányadosa
$n\%$	=	a víztartalom tömegszázalékban

Másik lehetőség a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt nyomószilárdság vizsgálati betonpróbatestek alkalmazása esetén, hogy a kiszáritott állapotú beton testsűrűségét *külön e célra készített* és kizsaluzás után 28 napos korig víz alatt tárolt, majd 60 ± 5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított – tehát nyomószilárdság vizsgálatra nem kerülő – próbatesteken határozzuk meg.

A vegyesen tárolt, szilárd szokványos (közönséges, normál) beton és nehézbeton próbatest tömegét szilárdságvizsgálat előtt, a légszáraz próbatesten kell megmérni, és ebből kell a testsűrűséget kiszámítani. A vegyesen tárolt, szilárd könnyűbeton próbatestek testsűrűségét 60 ± 5 °C tömegállandóságig szárított, legalább 300 g tömegű próbadarabon kell meghatározni.

Az MSZ EN 12390-7:2019 szabvány megszilárdult beton testsűrűség mérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, *két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 39 kg/m^3 ;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, *egy-egy megszilárdult beton*

testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 57 kg/m^3 .

- *ha egy laboráns ismételési feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 28 kg/m^3 ;*
- *ha két laboráns összehasonlítási feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, egy-egy megszilárdult beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 57 kg/m^3 ;*
- *ha egy laboráns ismételési feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 18 kg/m^3 ;*
- *ha két laboráns összehasonlítási feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, egy-egy megszilárdult beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 36 kg/m^3 .*
- *ha egy laboráns ismételési feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 18 kg/m^3 ;*
- *ha két laboráns összehasonlítási feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, egy-egy megszilárdult beton testsűrűségmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 30 kg/m^3 .*

Összegezve: Még meg kell írni.

19. LEVEGŐTARTALOM

A beton a leggondosabb tömörítés ellenére is tartalmazhat pórusokat, amelyeket a beton korától és víztartalmi állapotától függően többé-kevésbé levegő tölti ki.

Levegőtartalomnak az egységnyi térfogatú bedolgozott betonban lévő levegő által kitöltött tér térfogatát, más szóval a betonban lévő levegő és a bedolgozott beton befoglaló térfogatának hányadosát nevezzük. A levegőtartalom nevezetlen szám, amelyet sokszor térfogat%-ban fejezzük ki.

A beton levegőtartalma voltaképpen a beton porozitását kifejező fogalom:

$$\begin{aligned} \text{Levegőtartalom} &= \text{Porozitás} = 1 - \text{Tömörtség} = 1 - \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\frac{M_{\text{beton}}}{V_{\text{anyag}}} - \frac{M_{\text{beton}}}{V_{\text{test}}}}{\frac{M_{\text{beton}}}{V_{\text{anyag}}}} = \frac{V_{\text{test}} - V_{\text{anyag}}}{V_{\text{test}}} = \\ &= \frac{\text{Testtérfogat} - \text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = \frac{\text{Pórusok térfogata}}{\text{Testtérfogat}} = \frac{\text{Levegő térfogata}}{\text{Beton térfogata}} \end{aligned}$$

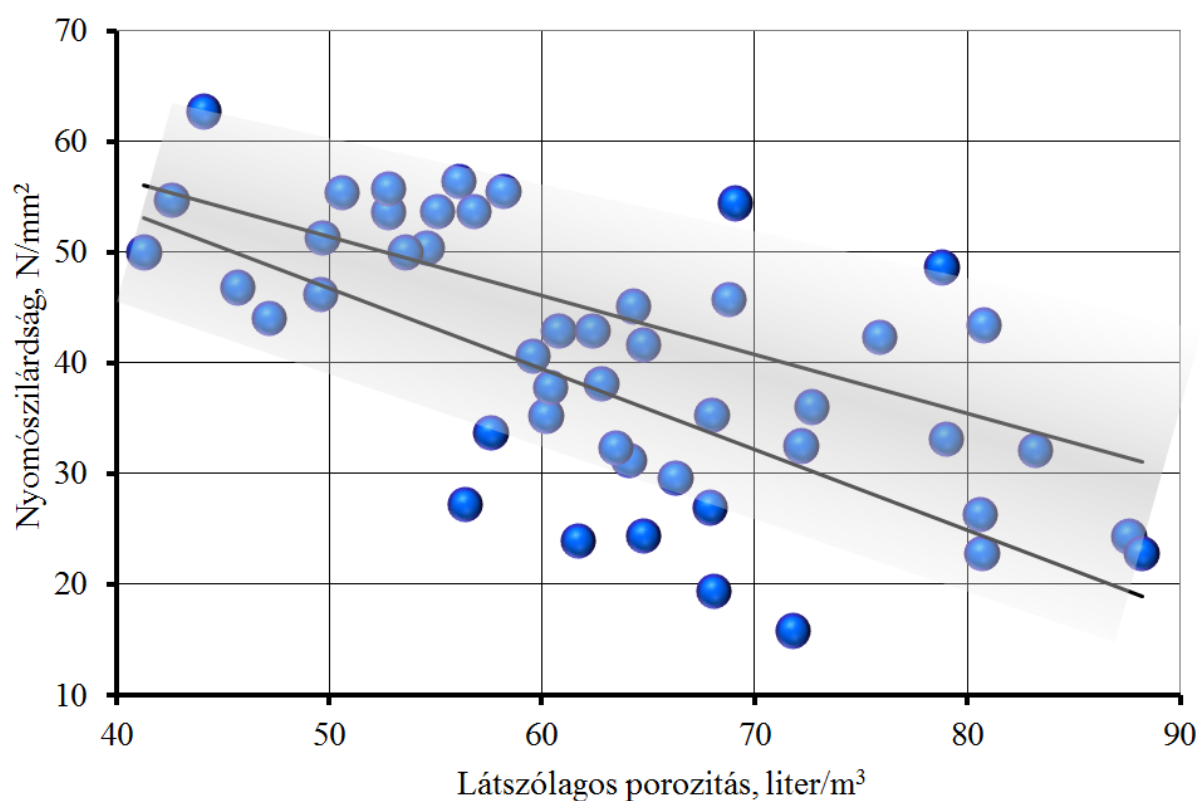
Az összefüggésben a testtérfogat alatt a bedolgozott beton befoglaló térfogatát, az anyagtérfogat alatt a betonösszetevők térfogatát kell érteni.

A bedolgozott friss betonban szándékunk ellenére maradt levegőt *bennmaradt* levegőtartalomnak, a légbuborékképző adalékszerrel szándékosan bevitt levegőt *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak nevezzük (MSZ 4798:2016).

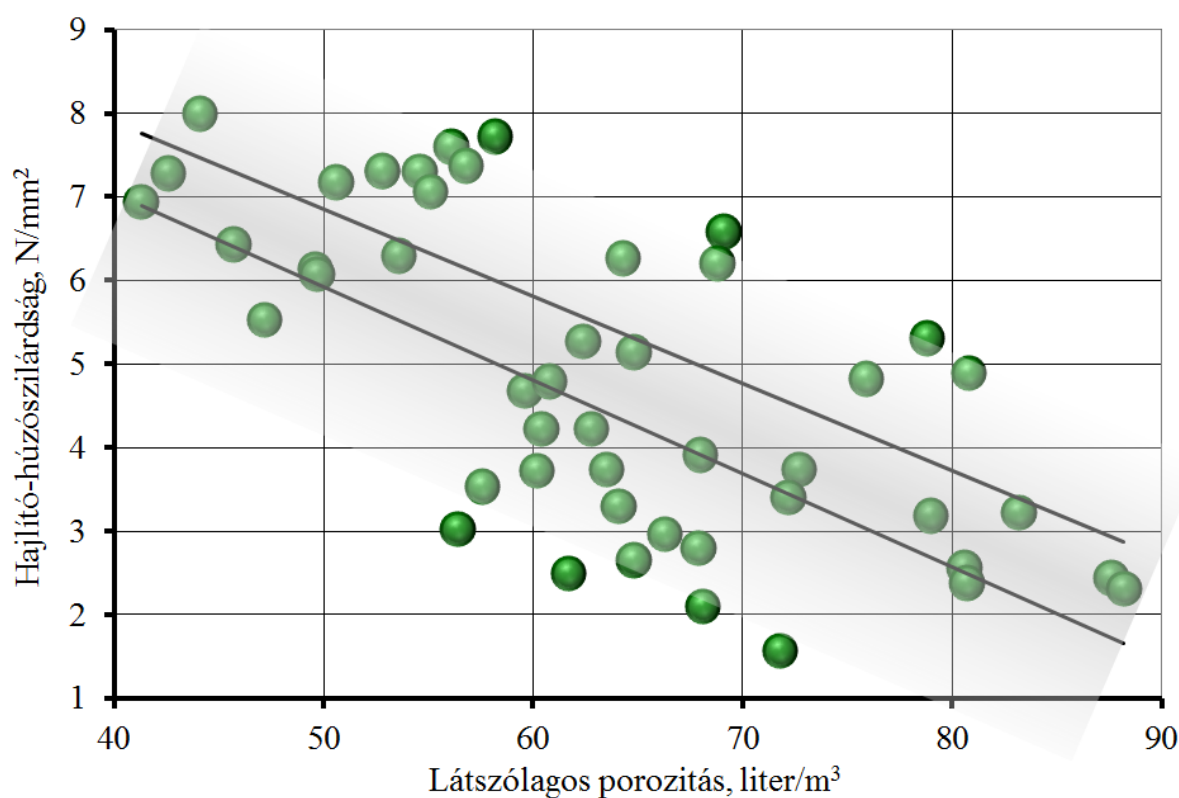
A beton szilárdságát és tartósságát jelentős mértékben befolyásolja a beton tömörsége, hézagtartalma, lényegében levegőtartalma. „A beton próbatest nyomószilárdság vizsgálati eredményét a próbatest hiányos tömörítése miatti levegőtartalom jelentős mértékben rontja a jól tömörített betonhoz viszonyítva. Minden 1% levegőtartalom-növekmény a beton nyomószilárdságának – jó közelítéssel – 4-5 százalékos csökkenését okozza...”, olvasható a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány 8.2.1.4. szakaszának NAD 8.8 megjegyzésében és az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.5. szakaszának (1) bekezdésében.

Például, ha a jól tömörített, ezért friss állapotban 1,0 térfogat% levegőt tartalmazó betonkockák átlagos nyomószilárdsága 28 napos korban 38 N/mm², akkor az ugyanebből a betonkeverékből készített, de hiányosan tömörített, és ezért 3,5 térfogat% levegőt tartalmazó betonkockáké átlagosan várhatóan csak $(1 - (3,5 - 1,0) \times 4,5/100) \times 38 = (1 - 0,1125) \times 38 = 0,8875 \times 38 = 33,7$ N/mm² körüli érték lesz.

A látszólagos porozitás függvényében a beton nyomószilárdsága változásának tendenciáját a 19.1. ábrán, hajlító-húzószilárdsága változásának tendenciáját a 19.2. ábrán mutatjuk be. E betonok összetétele igen változatos volt (lásd a látszólagos porozitás fogalmát e könyv 1.4. fejezetében), a szilárdságvizsgálatok vegyesen tárolt, 28 napos, 70×70×250 mm méretű próbahasábon készültek. Mind a hajlító-húzószilárdság, mind a hajlított félhasábok nyomószilárdság vizsgálatának az MSZ 4715-4:1987 szabvány képezte az alapját (Kausay 1998).



19.1. ábra: Példa a beton nyomószilárdsága változásának tendenciájára a látszólagos porozitás függvényében (Kausay 1998)



19.2. ábra: Példa a beton hajlító-húzószilárdsága változásának tendenciájára a látszólagos porozitás függvényében (Kausay 1998)

Megjegyezzük, hogy a bevitt légbuborékok is csökkentik a beton szilárdságát, de az apró, úgy nevezett „hatékony légbuborékok”, amelyek átmérője 0,01-0,30 mm, kevésbé rontják azt, mint a nagyobb méretűek.

Balázs György (1983) megállapította, hogy adott pépigényű adalékanyagból készített, adott víz-cement tényezőjű, különböző péptartalmú, jól tömörített betonkeverékek közül mindig a telített beton levegőtartalma a legkisebb.

Ujhelyi János (1989 és 2005) megadta a különböző víz-cement tényezőjű, 28 napos korú és a teljesen hidratált cementpépek várható levegőtartalmát.

Palotás László (1938, 1952, 1961) a friss beton levegőtartalmának, porozitásának hatását a beton nyomószilárdságára a konzisztenciától függetlenül – a víz-cement tényező törvényt kitágítva – a víz+levegő—cement tényezővel vette figyelembe, és azt beépítette szilárdságbecslő betontervezési képletébe. *Weiss György* (*Weisz*, 1952) hangsúlyozta, hogy ha a beton nem dolgozható be olyan tömören, hogy a fölös, elpárolgó víz helyén keletkező pórusokon kívül csak lényegtelen mennyiségű pórus maradjon a betonban, akkor az ilyen, egyéb pórust is tartalmazó – például kellőképpen nem tömörített vagy földnedves konzisztenciájú – beton jellemzésére a víz+levegő—cement tényezőt kell használni.

Összegezve: Még meg kell írni.

19.1. FRISS BETON BENNMARADT LEVEGŐTARTALMA

Az építési célnak – beleértve a tartósságot is – csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű, zárványmentes beton felelhet meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell. A szokványos (közönséges, normál) friss betonok bennmaradt levegőtartalmának (a levegőzárványoknak) megengedett értéke a környezeti osztályok függvényében a 10.2. táblázatban található. A 10.3. táblázatban a légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton (XF2, XF3, XF4 környezeti osztály) esetén megkövetelt összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) található.

A beton tényleges átlagos levegőtartalmának nem szabad a tervezett levegőtartalomnál nagyobbnak, fagyálló, vagy fagy- és olvasztósó-álló beton esetén kisebbnek lennie, illetve ezt a követelményt az előírt megengedett tűréssel kell teljesítenie.

A bedolgozott friss beton – akár légbuborékképző adalékszerrel akár anélkül készül – levegőtartalmának egyedi vizsgálati eredménye legfeljebb 1,5 térfogat%-kal legyen nagyobb, mint az előírt határérték. Ezt azért kell korlátozni, mert minden 1,0 térfogat% többlet levegőtartalom 10% nyomószilárdság csökkenést okoz, a többlet levegőtartalom csökkenti a húzószilárdságot, csökkenti a rugalmassági moduluszt, következésképpen növeli az alakváltozásokat és a vasbeton repedéstágasságát. Az 1,5 térfogat% többlet levegőtartalom a megengedett 1,5 tömeg% testűrűség hiánnyal egyenértékű.

Ha az adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel a fenti feltételek nem teljesíthetők, akkor vagy a tömörítés módját kell megváltoztatni vagy a betonösszetételt kell áttervezni.

A bedolgozott friss beton levegőtartalmát *számítással* vagy *méréssel* határozhatjuk meg. A számításos módszer a friss beton levegőtartalma meghatározásának közvetett, a mérési módszer a közvetlen eljárása.

19.1.1. A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása számítással

A bedolgozott *friss beton levegőtartalmát* ($V_{L, \text{test}}$) a bedolgozott friss beton tényleges (mért) és tervezett testsűrűségének hányadosából, valamint az összetevők tervezett tömege és sűrűsége, illetve testsűrűsége hányadosából, azaz az összetevők térfogatából lehet *kiszámítani*.

Az 1 m³ térfogatú bedolgozott friss beton $V_{L, \text{test}}$ tényleges (tapasztalati) levegőtartalma a friss beton tényleges és tervezett testsűrűsége, a beton tervezett cementtartalma, tervezett víz-cement tényezője, tervezett adalékanyagtartalma, valamint a cement anyagsűrűsége és az adalékanyag testsűrűsége alapján – feltételezve, hogy a beton keverési aránya a tervezettnek megfelel – a következőképpen számítható ki:

$$V_{L, \text{test}} = 1000 - \frac{\rho_{\text{friss beton tapasztalati}}}{\rho_{\text{friss beton tervezett}}} \cdot (1000 - V_L) =$$

$$= 1000 - \frac{\rho_{\text{friss beton, test}}}{\rho_{\text{friss beton}}} \cdot \left(\frac{1000 \cdot M_c}{\rho_c} + x \cdot M_c + \frac{1000 \cdot M_a}{\rho_a} \right) \quad [\text{liter} / \text{m}^3]$$

ahol:

$V_{L, \text{test}}$	= a bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalma, liter/m ³
$\rho_{\text{friss beton, test}}$	= a bedolgozott friss beton tényleges testsűrűsége, kg/m ³
$\rho_{\text{friss beton}}$	= a bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége, kg/m ³
M_c	= a beton tervezett cementtartalma, kg/m ³
x	= a beton tervezett víz-cement tényezője
$M_v = x \cdot M_c$	= a keverővíz tervezett tömege, kg/m ³

M_a	= a beton tervezett adalékanyagtartalma, kg/m ³
ρ_c	= a cement anyagsűrűsége, kg/m ³
ρ_a	= az adalékanyag keverék szemeinek súlyozott testsűrűsége kiszáritott állapotban, kg/m ³ :

$$\rho_a = \frac{1}{\left(\frac{\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{\beta}{\rho_\beta} + \frac{\gamma}{\rho_\gamma} + \dots \right)} \quad [kg/m^3]$$

$\alpha, \beta, \gamma \dots$ = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók tömegaránya, 0 és 1 közé eső nevezetlen szám, és $\alpha + \beta + \gamma + \dots = 1,0$

$\rho_\alpha, \rho_\beta, \rho_\gamma \dots$ = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók szemeinek átlagos testsűrűsége kiszáritott állapotban, kg/m³

V_L = a bedolgozott friss beton tervezett levegőtartalma, liter/m³:

$$V_L = 1000 - \left(\frac{1000 \cdot M_c}{\rho_c} + x \cdot M_c + \frac{1000 \cdot M_a}{\rho_a} \right) \quad [liter/m^3]$$

A ρ_a súlyozott testsűrűséget kell használni az adalékanyag keverékre akkor is, ha annak természetes adalékanyag frakciói különböző fajtájú kőzetek (például homok, kavics, mészkő, andezit vagy bazalt zúzottkő stb.).

A bedolgozott friss beton levegőtartalmát az ASTM C 138/C138M:2017 szabványban a fenti

$$\begin{aligned} \text{Levegőtartalom} \% &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} \times 100 = \\ &= \frac{\text{Beton térfogata} - \text{Betonösszetevők térfogata}}{\text{Beton térfogata}} \times 100 \end{aligned}$$

összefüggéssel számítják ki, tehát a friss beton levegőtartalmának közvetett, számításos meghatározása során az ASTM C 138/C138M:2017 szabványjelzetre akár hivatkozni is lehet.

Légbuborékképzővel készített beton esetén a levegőtartalom kiszámítása nem elég, a friss beton levegőtartalmát meg kell mérni (MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete).

Az alábbiakban a friss beton levegőtartalmának számítására néhány példát mutatunk be:

1. *példa:* Az XF3 környezeti osztályú, $M_c = 320$ kg/m³ tervezett cementtartalmú, $x = 0,5$ tervezett víz-cement tényezőjű, $M_a = 1810$ kg/m³ tervezett adalékanyag-tartalmú, 5,1 térfogat% tervezett összes levegőtartalmú, bedolgozott állapotban $\rho_{\text{friss beton}} = 2290$ kg/m³ tervezett és $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2278$ kg/m³ tényleges testsűrűségű, légbuborékos friss beton tényleges levegőtartalma ($V_{L, \text{test}}$, illetve $V_{L, \text{test}} \%$), ha a cement anyagsűrűsége $\rho_c = 3100$ kg/m³, és az adalékanyag keverék testsűrűsége $\rho_a = 2640$ kg/m³:

$$\begin{aligned} V_{L, \text{test}} &= 1000 - \frac{2278}{2290} \cdot \left(\frac{1000 \cdot 320}{3100} + 0,5 \cdot 320 + \frac{1000 \cdot 1810}{2640} \right) = \\ &= 1000 - 0,995 \cdot (103,23 + 160 + 685,61) = 56,1 \quad [liter/m^3] \\ V_{L, \text{test}} \% &= 100 \cdot \frac{V_{L, \text{test}}}{1000} = 5,61 \quad [\text{térfoga}\%] \end{aligned}$$

ahol:

- a cement által elfoglalt tervezett térfogat: $V_c = 320/3,1 = 103,23$ liter,
- a víz által elfoglalt tervezett térfogat: $V_v = 160$ liter,
- az adalékanyag által elfoglalt tervezett térfogat: $V_a = 1810/2,64 = 685,61$ liter,
- a betonösszetevők által elfoglalt tervezett térfogat: $V_c + V_v + V_a = 948,84$ liter,
- a tervezett levegőtartalom: $V_L = 1000 - 948,84 = 51,16$ liter, azaz $5,1$ térfogat%,
- a betonösszetevők által ténylegesen elfoglalt térfogat: $0,995 \times (V_c + V_v + V_a) = 943,87$ liter, minthogy a bedolgozott friss beton tapasztalati és tervezett testsűrűségének hányadosa: $r = \rho_{\text{friss beton, test}} / \rho_{\text{friss beton}} = 2278/2290 = 0,995$,
- a tényleges levegőtartalom: $V_{L, \text{test}} = 1000 - 943,9 = 56,1$ liter, azaz $V_{L, \text{test}}^{\%} = 5,6$ térfogat%,
- az összes térfogat: $V_c + V_v + V_a + V_L = (\rho_{\text{friss beton, test}} / \rho_{\text{friss beton}}) \times (V_c + V_v + V_a) + V_{L, \text{test}} = 1000$ liter,
- a tényleges cementtartalom: $(\rho_{\text{friss beton, test}} / \rho_{\text{friss beton}}) \times V_c = 0,995 \times 320 = 318,4 \text{ kg/m}^3$.

2. *példa:* Ha a bedolgozott friss beton mért testsűrűsége $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2435 \text{ kg/m}^3$ és a bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége $\rho_{\text{friss beton}} = 2420 \text{ kg/m}^3$, tervezett levegőtartalma pedig $V_L = 20 \text{ liter/m}^3$ ($V_L^{\%} = 2,0$ térfogat%), akkor a bedolgozott friss beton *számított*, tényleges (tapasztalati) levegőtartalma $V_{L, \text{test}} = 13,9 \text{ liter/m}^3$ ($V_{L, \text{test}}^{\%} \sim 1,4$ térfogat%). Ha nem ismerjük a tervezett levegőtartalmat, akkor a 3. *példa* szerint járhatunk el.

3. *példa:* Ha nem ismerjük a beton tervezett összetételét és testsűrűségét, akkor a beton tényleges levegőtartalmát ($V_{L, \text{test}}$, illetve $V_{L, \text{test}}^{\%}$) például az építéshelyen készített próbakockákból meghatározott tapasztalati friss beton testsűrűségéből ($\rho_{\text{friss beton, test}}$) és cementtartalomra vetített keverési tömegarányból határozhatjuk meg. A cementtartalomra vetített keverési tömegarányt a következő összefüggésből kapjuk meg:

$$v : c : a = \frac{M_{\text{víz}}}{M_{\text{cement}}} : \frac{M_{\text{cement}}}{M_{\text{cement}}} : \frac{M_{\text{adalékanyag}}}{M_{\text{cement}}} = x : 1 : \frac{M_{\text{adalékanyag}}}{M_{\text{cement}}}$$

ahol x a víz-cement tényező.

Legyen a friss beton mért testsűrűsége $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2400 \text{ kg/m}^3$ és a keverési tömegaránya $v:c:a = 0,5:1:6,5$. Kérdés, hogy mekkora a bedolgozott friss beton levegőtartalma, ha a cement anyagsűrűsége $\rho_c = 3,1 \text{ kg/liter}$, a vize $\rho_v = 1,0 \text{ kg/liter}$, az adalékanyag testsűrűsége $\rho_a = 2,64 \text{ kg/liter}$, a beton cementtartalma pedig $c = 2400/(0,5 + 1,0 + 6,5) = 300 \text{ kg/m}^3$. A bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalma ($V_{L, \text{test}}$, illetve $V_{L, \text{test}}^{\%}$):

$$\begin{aligned} V_{L, \text{test}} &= 1000 - \left[\frac{300}{3,1} + \frac{0,5 \cdot 300}{1,0} + \frac{6,5 \cdot 300}{2,64} \right] = \\ &= 1000 - (96,8 + 150 + 738,6) = 14,6 \quad [\text{liter / m}^3] \\ V_{L, \text{test}}^{\%} &= 100 \cdot \frac{V_{L, \text{test}}}{1000} = 1,46 \quad [\text{térfogat}\%] \end{aligned}$$

4. *példa:* A 3. *példa* szerinti betonhoz a fagyállóság érdekében légbuborékképző adalékszerzt adtunk, ezért a friss beton testsűrűsége $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2300 \text{ kg/m}^3$, cementtartalma pedig $c = 2300/(0,5 + 1,0 + 6,5) = 287,5 \text{ kg/m}^3$ lett.

A bedolgozott légbuborékos friss beton tényleges levegőtartalma ($V_{L, \text{test}}$, illetve $V_{L, \text{test}}^{\%}$):

$$V_{L, \text{test}} = 1000 - \left[\frac{287,5}{3,1} + \frac{0,5 \cdot 287,5}{1,0} + \frac{6,5 \cdot 287,5}{2,64} \right] =$$

$$= 1000 - (92,7 + 143,8 + 707,8) = 55,7 \quad [\text{liter} / \text{m}^3]$$

$$V_{L, \text{test}} \% = 100 \cdot \frac{V_{L, \text{test}}}{1000} = 5,57 \quad [\text{térfogat}\%]$$

19.1.2. A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása méréssel

A bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalmát *méréssel* szokványos (normál, közönséges) beton és nehézbeton esetén az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány, könnyűbeton esetén az ASTM C 173/C173M:2016 szabvány szerint kell meghatározni.

Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti úgy nevezett nyomásmódszert a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány 4.2. szakasza is leírta. A nyomásmódszer a *Boyle*³³⁰-*Mariotte*³³¹ törvényen alapul, amely szerint a cseppfolyósítási hőmérsékletüknél jóval nagyobb hőmérsékletű valódi gázok (mint például a levegő) nyomásának (p) és térfogatának (v) szorzata állandó ($p \times v = \text{konstans}$).

A szabványos nyomástartó készülékbe ismert tömegű és térfogatú betömörített friss beton fölé vízréteget kell önteni, ezután a készülékben meghatározott mértékű légnyomást kell létrehozni, majd a túlnyomást fokozatosan meg kell szüntetni. A nyomás, illetve a térfogat csökkenése megfelelő skálabeosztás esetén a levegőtartalmat adja meg térfogatszázalékban.

A vizsgálat előkészítéseként a betont a készülék nyomástartó edényébe kell tölteni, lehetőleg két azonos magasságú rétegben be kell vibrálni, a bevibrált beton felületét simítóléccel, fűrészelő mozdulatokkal úgy kell lesimítani, hogy az edény felső pereméig éppen tele legyen betonnal. Megtisztítás után az edényt a készülék tetejével le kell zárni.

A vizsgálatok eredményét legalább két olyan, egymást követő mérés eredményének számtani átlagaként kell kiszámítani, amelyek között az eltérés legfeljebb 0,2 %. A levegőtartalmat térfogatszázalékban fejezünk ki.

Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti levegőtartalom vizsgáló készüléknek két változata van. Az „A” típusú készülék víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri; a „B” típusú készülék levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri. A készülékeket 8 literes és kisebb kivitelben gyártják, a 8 literes készülékek 63 mm legnagyobb szemmagyságig használhatók. A friss beton levegőtartalmának mérésére Európa-szerte a „B” típusú készülék terjedt el.

Angol nyelvterületen az „A” típusú vizsgálati módszer neve „Air Meter Type A”, a „B” típusú vizsgálati módszer neve „Air Meter Type B”, német nyelvterületen az „A” típusú vizsgálati módszert „Wassersäulenverfahren”-nek (vízoszlop módszernek), a „B” típusú

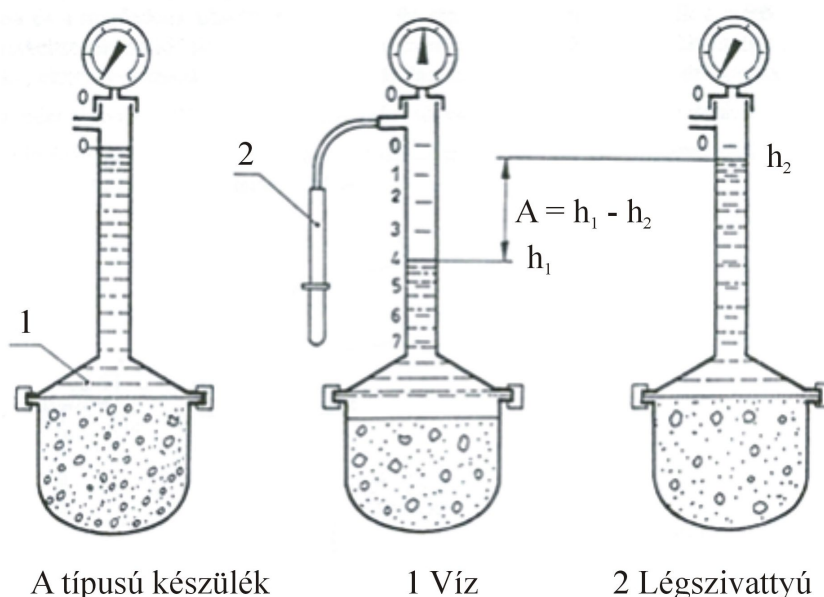
³³⁰ Robert Boyle (1627, Lismore Castle, Írország – 1691, London) angol fizikus és kémikus, az oxfordi egyetem professzora, a hidrogén-gáz első előállítója (1671). Elsőként írta le, hogy a gázok térfogata fordítottan arányos a rájuk ható nyomással (*Boyle-Mariotte* törvény). Londoni laboratóriuma volt az első tudományos kémiai kutatóhely (*Simonyi*, 1978).

³³¹ Edme Mariotte (1620, Dijon – 1684, Párizs) francia fizikus, a Francia Tudományos Akadémia alapító tagja. A Mariotte-cső feltalálásával bebizonyította, hogy a gázok, így a levegő is összenyomható. Erre alapozva Robert Boyle-tól függetlenül ő is felírta a *Boyle-Mariotte* törvényt. A Mariotte-csővet – egyik végén zárt, hajlított, J-alakú cső, amelynek ívében lévő higanyoszlop a külső nyomást a cső végébe zárt légoszlopra közvetíti – Edme Mariotte manométerként is alkalmazta. Tiszteletből az egyik Hold-kráteret Mariotte-ról nevezték el (*Simonyi*, 1978).

vizsgálati módszert „Druckausgleichungsverfahren”-nek (nyomáskiegyenlítéses módszernek) nevezik.

Az „A” típusú készülék (19.3. ábra) összeállítása után a készülék csövét az MSZ EN 12350-7:2009 szabványban leírt módon vízzel kell feltölteni, és szintjét a cső tetején lévő szeleppel a 0 jelzésre kell állítani. A készülékben a kézi légszivattyúval megadott nyomásnál néhány százalékkal nagyobb nyomást kell létesíteni, és le kell olvasni a h_1 vízszintet. Ezután a cső tetején lévő szelep segítségével a túlnyomást fokozatosan meg kell szüntetni és a h_2 vízszintet le kell olvasni. A levegőtartalom az $A = h_1 - h_2$ vízszintkülönbséggel arányos.

Ha a készülékben lévő nyomást a légszivattyú segítségével a légköri 1 at abszolút nyomásról 2 at abszolút nyomásra növeljük, akkor az üvegcső beosztásán leolvasott $\Delta v = h_1 - h_2$ térfogatváltozás a levegőtartalom fele ($v/2$). A skálán akkor lehet a levegőtartalmat közvetlenül leolvasni, ha azon $0,5 \text{ cm}^3$ -t jelölnek $1,0 \text{ cm}^3$ -rel.



19.3. ábra: „A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék rajza a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabványban

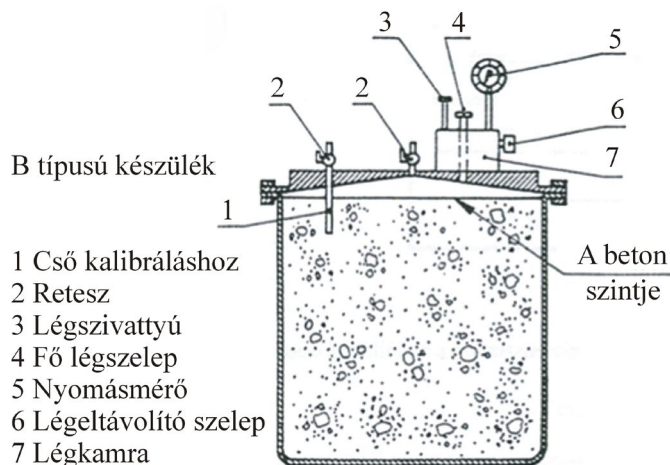
Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány „A” típusú készülékes levegőtartalom-mérési ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett *két friss beton levegőtartalom-mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 0,4 térfogatszázalék;
- ha *két laboráns* (például transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy friss beton levegőtartalom-mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 1,3 térfogatszázalék.

A visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint az „A” típusú vizsgálat két egyedi mérési eredményből akkor szabad számtani átlagot képezni, ha közöttük az eltérés legfeljebb 0,2 térfogat%.

A „B” típusú készülék (19.4. ábra) összeállítása után el kell zárni a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet, és ki kell nyitni a fedélen lévő nyílások reteszeit. Ezután a készülékbe az egyik nyíláson keresztül addig kell vizet tölteni, amíg a víz a másik nyílásnál meg nem jelenik. Ezt követően a légkamra szelepét el kell zárni, és a kézi légszivattyúval annyi levegőt kell a légkamrába nyomni, hogy a légnyomásmérő mutatója a kezdőnyomás vonalán álljon. 10

másodperc múlva a légnyomásmérő mutatóját a kezdeti nyomásértékre kell visszaállítani a levegő be vagy kiengedésével. A fedélen lévő mindkét nyílás reteszét el kell zárni, majd ki kell nyitni. Miután beállt a nyugalmi állapot, a nyomásmérő számlapján le kell olvasni a levegőtartalmat térfogatszázalékban, ha beosztása ennek megfelelő. Mérés után, a fedél felnyitása előtt, a készülékben lévő túlnyomást a két retesz kinyitásával megszüntetjük.



19.4. ábra: „B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék rajza a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabványban

Az eredeti *Tonindustrie* készülék $v = 80 \text{ cm}^3$ térfogatú légekammerájában a levegő nyomását a kézi légszivattyú segítségével $p_0 = 3,5$ at abszolút nyomásra kell növelni. A betonban lévő ismeretlen térfogatú ($V_{\text{levegő}}$) levegő nyomása a légköri 1 at abszolút nyomásnak felel meg. A légekammera és az edény összenyitása után a $(v + V_{\text{levegő}})$ össztérfogatban uralkodó nyomás p , amiből a beton levegőtartalma ($V_{\text{levegő}}$) kiszámítható. Ha az edény térfogata 8 liter, akkor:

$$p_0 \times v + 1 \times V_{\text{levegő}} = p \times (v + V_{\text{levegő}})$$

$$3,5 \times 80 + V_{\text{levegő}} = p \times 80 + p \times V_{\text{levegő}}$$

$$V_{\text{levegő}} = \frac{280 - 80 \times p}{p - 1} \quad [\text{cm}^3]$$

$$V_{\text{levegő}} \% = 100 \times \frac{V_{\text{levegő}}}{8000} = \frac{V_{\text{levegő}}}{80} \quad [\text{térfogat}\%]$$

Az újabb készülékek manométerének skáláján a p nyomás helyett közvetlenül a levegőtartalom olvasható le.

A visszavont MSZ 4714-2:1986 szabványban azt írták, hogy a „B” típusú vizsgálat eredményét két olyan egyedi mérési eredmény számtani átlagaként kell képezni, amelyek között az eltérés legfeljebb 1,0 térfogat%.

Tapasztalat szerint a 8 literes szabványos levegőtartalom mérő készülék henger alakú edényében (a 150 mm élhosszúságú próbakocka erre kevésbé alkalmas) pontosan mért testsűrűségből a keverési arány (beton összetétel) ismeretében számított levegőtartalom (lásd az alábbi 3. példát) igen jól egyezik az időigényesebb nyomásmódszeres mérés eredményével.

A levegőtartalom mérés és számítás módját, az ellenőrzések helyét (független laboratórium, keverő telep, bedolgozási helyszín) célszerű a megvalósítási szerződésben rögzíteni.

Az ASTM szabványok közül a friss beton levegőtartalmának a fenti közvetlen, nyomásmódszeres meghatározásával az ASTM C 231/C231M:2017 szabvány foglalkozik.

A bedolgozott szokványos friss betonok és adalékanyagok friss könnyűbetonok levegőtartalmát *térfogatméréssel* az ASTM C 173/C173M:2016 szabvány szerint lehet meghatározni

(19.5. ábra). A mérőeszköz két részből áll. Az alsó edény térfogata legalább 20 liter, átmérője a magasság 1,00-1,25-szorosa. Az alsó edényre légmentesen köthető feltét térfogata az edény térfogatánál legalább 20%-kal nagyobb. A feltét felül nyitott, sapkával zárható üveg vagy átlátszó műanyag nyakrészén skála található. A vizsgálat során az alsó edényt három rétegben kell betonnal megtölteni, és a betont a döngölővel rétegenként 25 ütéssel, végül az edény oldalának 10-15-szöri megütésével be kell tömöríteni. Ezután a feltétet rá kell erősíteni az alsó edényre, és a nyakrészt a skála 0 jeléig vízzel fel kell tölteni. Miután a nyakrészt a sapkával lezárták a mérőeszközt addig kell rázni és görgetni, amíg a levegő a betonból ki nem szökik. A nyugalmi állapot elérése után a nyakrésztől a sapkát le kell csavarni, és a vízbe 70%-os izopropil-alkoholt kell csöpögtetni, amíg a víz felszíne buborékmentes nem lesz. A levegőtartalmat a vízszintnek a skálán leolvasott, a hozzáadott izopropil-alkohol magasságával korrigált értéke adja. Az amerikai térfogatmérési friss beton levegőtartalom vizsgálati módszer a DAfStb Heft 422:1991 kiadványban is olvasható.

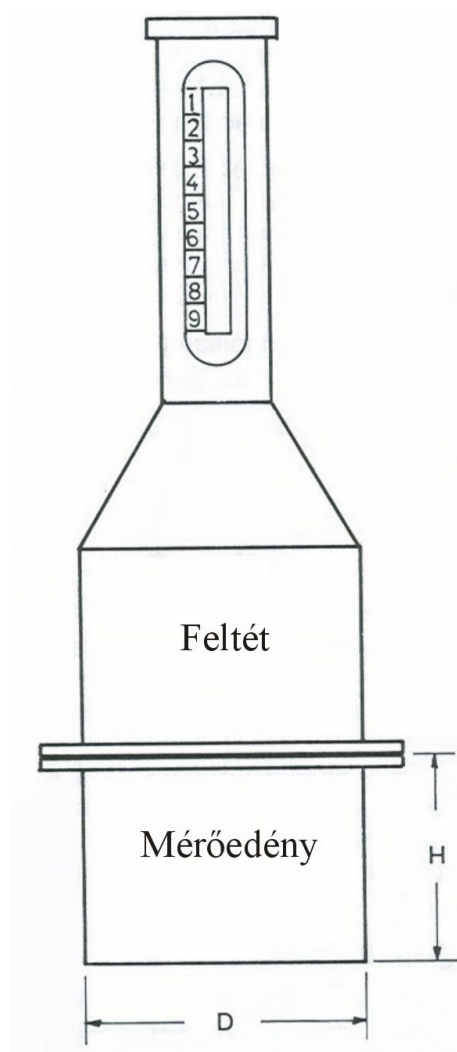
Palotás László professzor könyvének (*Palotás – Balázs* 1980) 127-128. oldalán olvashatjuk, hogy a kissé képlékeny és lágyabb friss betonok levegőtartalma *térfogatos módszerrel* hazánkban is vizsgálható volt. Mérőeszközü a VEBE-méteres ejtőkengyeles konzisztenciavizsgáló készülék szolgált. A levegőtérfogatot az ejtőkengyeles mérőedényben a levegőtartalmú (átformálási ütések előtti) és a levegőtartalom nélküli (átformálási ütések utáni) beton térfogatának különbségeként határozták meg, és a levegőtartalmú beton térfogatára vonatkoztatták.

A térfogatos levegőtartalom mérési módszert a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány 7.2. szakaszában is leírták, európai szabvány sincs rá.

A földnedves és kissé képlékeny friss betonok levegőtartalmának építéshelyi, térfogatos meghatározására annak idején a VEBE-méteres ejtőkengyeles készülék edényéhez hasonló alakú és erőteljes felépítésű, de sima fenekű edényt használtak (*Palotás – Balázs* 1980).



Forrás: Essroc Italcementi Group,
<https://www.youtube.com/watch?v=ChNCbAbqjzs>



19.5. ábra: Friss betonok levegőtartalmának ASTM C 173/C173M:2016 szabvány szerinti mérése (görgetés) és mérőeszköze

A friss beton levegőtartalmának ASTM C 173/C173M:2016 szabvány és MSZ 4714-2:1986 szabvány szerinti meghatározása voltaképpen ugyanazon az alapelven nyugszik, mint az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti levegőtartalom-meghatározás a „B” típusú készülékkel. Ezen eljárások mindegyike térfogatmérésen alapszik, csak a mérés módja és pontossága más. Az ASTM C 173/C173M:2016 szabvány szerinti mérés két érvényes leolvasása között legfeljebb 0,25 térfogat% eltérést engednek meg. Az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint két egyedi mérés eredménye között az eltérés ne legyen több, mint 1,0 térfogat%. Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerint a „B” típusú készülék kalibrálása során két egyedi mérés eredménye között a megengedett eltérés 0,1 térfogat%, e szabvány kidolgozása idején a „B” módszer ismétlési és összehasonlítási feltételeit nem ismerték.

19.2. MEGSZILÁRDULT BETON LÉGBUBORÉKTARTALMA, TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJE

A *légbuboréktartalom* – az akaratunk ellenére létrejött légpórustartalomtól megkülönböztetve – a cementkőben lévő, a légbuborékképző adalékszer hatására keletkezett, hatékony eloszlású levegő mennyiségének a neve (MSZ 4798:2016), amely a beton fagy- és olvasztósó-állóságát elősegíti, és amelyet *bevitt* vagy *képzett levegőnek* is neveznek.

A beton tartósságának egyik feltétele a fagyállóság. A megszilárdult beton pórusaiban lévő víz téli hidegek alkalmával – számos tényezőtől befolyásolva – megfagy, és a betont szétrepeszti. A 40° földrajzi szélesség fok felett gyakran előforduló kemény teleknek a légbuborékképző adalékszer nélkül készült autópálya- és repülőtéri pályabetonok stb. általában nem képesek ellenállni. Az utak téli olvasztósózása – az acélbetét-korrodáló hatásról nem is szólva – a beton fagykárosodását tovább növeli. A betonban a sóoldat-koncentráció nem egyenletes, a különböző sóteltéttségű rétegek fagyáspontja különböző. A sódúsabb, később megfagyó közbenső réteg jég és kapillaris nyomása lerepeszti a fölötte lévő, már fagyott, sószegényebb réteget (réteges felfagyás) (Balázs 1997).

A fagykárosodást okozó víztartalom határértékét *kritikus víztelítettségnek* nevezik (Fågerlund 1973). A kritikus víztelítettségű betonban a fagy- és olvasztósó-kár legegyszerűbben és legbiztosabban csak akkor kerülhető el, ha légbuborékképző adalékszerrel elegendő mennyiségű, egyenletes eloszlású és kellően apró, vízzel ki nem töltődő *légbuborékot* képezünk a betonban. A légbuborékok mennyiségét a megszilárdult beton térfogat%-ában szokás kifejezni.

A légbuborékok átmérője általában legfeljebb 0,75 mm. Mennyiségük jele: A_{750} vagy például német nyelvterületen: L_{750} . A közel gömb alakú légbuborékoknak – a fagy- és olvasztósó-állóság szempontjából – az a tartománya *hatékony*, amelynek átmérője mintegy 0,01 mm és 0,30 mm közé esik. A hatékony légbuborék kritikus víztelítettség mellett sem telik meg vízzel. A mikrolégbuborékoknak is nevezett hatékony légbuborékok mennyiségét A_{300} vagy például német nyelvterületen L_{300} jellel jelölik.

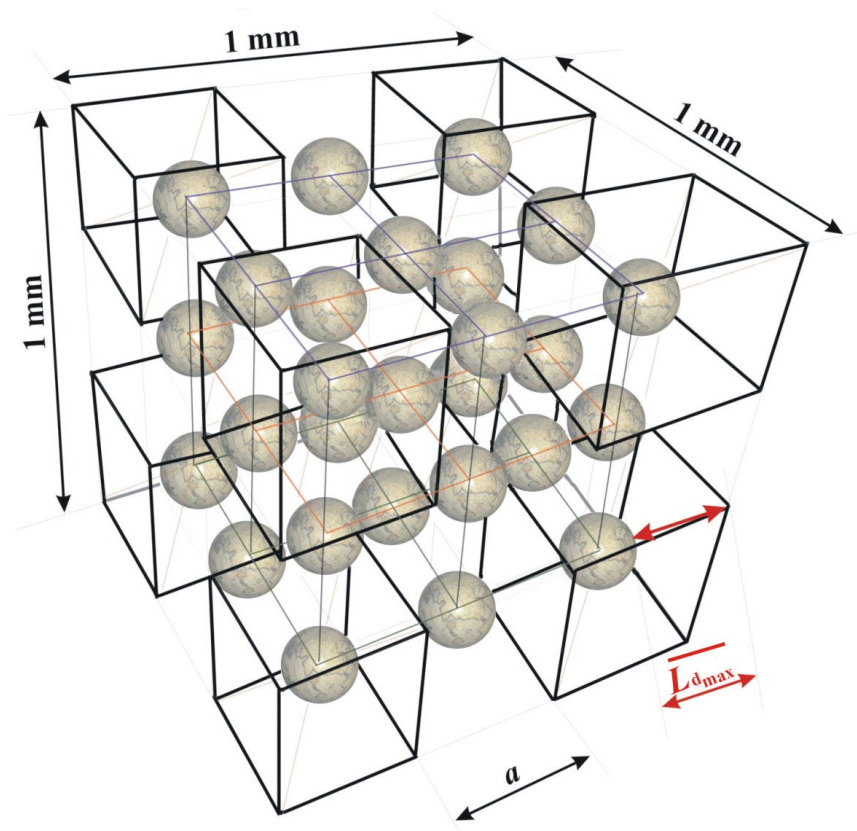
A légbuborékszerkezet vizsgálata egy olyan idealizált cementkő-modellt feltételez, amelyben egyforma méretű, gömb alakú, D átmérőjű, úgy nevezett helyettesítő légbuborékok egyenletes eloszlásban, köbös térrácsban helyezkednek el, és az idealizált légbuborékszerkezetnek ugyanakkora az összes térfogata és a térfogati fajlagos felülete, mint a tényleges légbuborékszerkezetnek (19.6. ábra).

Ebben a cementkő-modellben a *távolsági tényező* (jele: $\overline{L_{d_{\max}}}$, mm-ben) a *térrács átlója* mentén egymás mellett fekvő, D névleges átmérőjű két helyettesítő légbuborék felülete közötti névleges távolság fele (19.7. ábra). Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy buborékfelszínhez érjen.

A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló, XF2 – XF4 környezeti osztályú *friss beton* összes levegőtartalmának az MSZ 4798:2016 szabványban előírt legkisebb értéke e könyv 10.3. táblázatában található.

Ha az érdekelt felek a bedolgozott friss betonon mért vagy számított levegőtartalom kimutatásával nem elégszenek meg, vagy megegyeznek a fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat elhagyásában, vagy egyéb szempontok szólnak mellette, akkor a beton megfelelőségének igazolásához a *megszilárdult beton* próbatestből (vagy ritkán a kész szerkezetből vett magmintákból, ugyanis az értékeléshez ismerni kell a beton pontos összetételét is) kimunkált és megcsiszolt próbalemezeken kell a *légbuborékok távolsági*

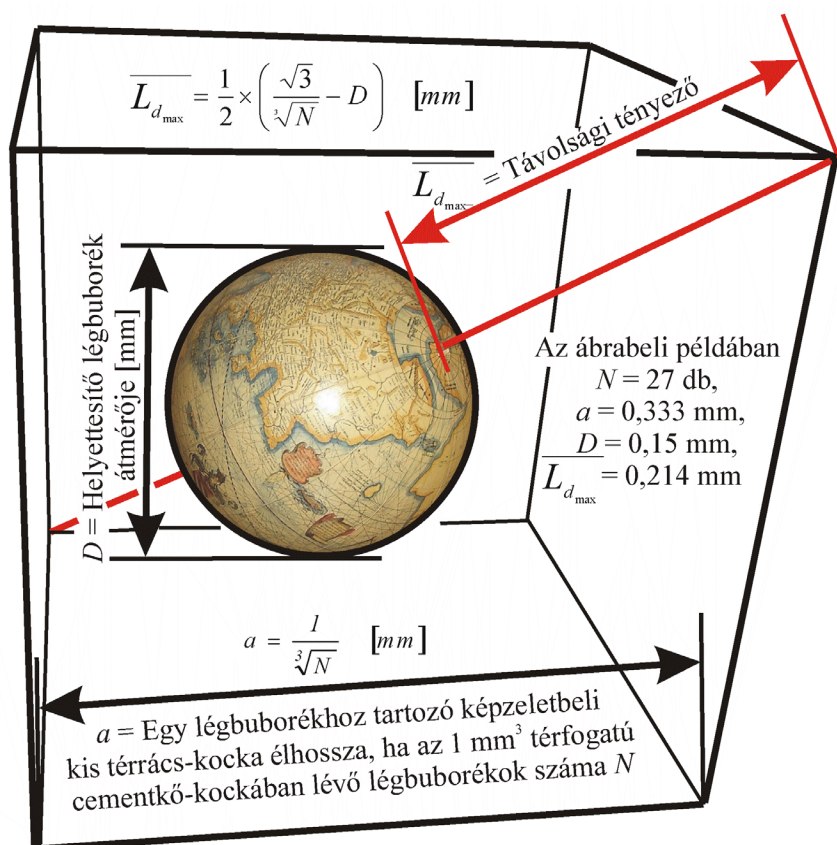
tényezőjét és mennyiségét az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos vizsgálattal meghatározni. A vizsgált beton 42 naposnál ne legyen idősebb.



19.6. ábra: Idealizált cementkő-modell köbös térrácsban elhelyezkedő helyettesítő légbuborék szerkezettel

Az 1 mm^3 térfogatú képzelt cementkő-kockában köbös térrács szerint elhelyezkedő, az ábrabeli példában $D = 0,15 \text{ mm}$ névleges átmérőjű helyettesítő légbuborékok száma: $N = 27 \text{ db}$.

Egy légbuborékot befoglaló kis térrács-kocka élhossza: $a = N^{-1/3} = 0,333 \text{ mm}$.



19.7. ábra:

A $D = 0,15 \text{ mm}$ átmérőjű helyettesítő légbuborék térfogateleme és az $\overline{L_{150}} = 0,214 \text{ mm}$ távolsági tényező a 19.6. ábra szerinti példa alapján.

A távolsági tényező: $\overline{L_{150}} = 0,214 \text{ mm}$. Az ábrabeli távolsági tényező az XF2 és XF3 környezeti osztályban még elfogadható érték (MSZ 4798:2016).

A megszilárdult beton légbuborékszerkezete akkor megfelelő, ha

- a távolsági tényező az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázatában az XF2 és XF3 környezeti osztályú beton esetére előírt 0,22 mm-nél, az XF4 környezeti osztályú beton esetére előírt 0,18 mm-nél nem több (19.2. táblázat),
- és a hatékony, 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű légbuborékok mennyisége az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázatában az XF2 és XF3 környezeti osztályú beton esetére előírt 1,2 térfogat%-ot, az XF4 környezeti osztályú beton esetére előírt 2,1 térfogat%-ot eléri (19.2. táblázat).

A távolsági tényezőt illetően az MSZ EN 934-2:2009+A1:2012 termékszabvány az MSZ 4798:2016 szabványban előírtak átlagát követeli meg, ugyanis azt a légbuborékképző adalékszeret tekinti megfelelőnek, amely a megszilárdult betonba $\leq 0,20$ mm távolsági tényezőt hoz létre. További követelmény az MSZ EN 934-2:2009+A1:2012 szabvány szerint, hogy a légbuborékképzős friss beton összes levegőtartalma legalább 2,5 térfogat%-kal legyen nagyobb, mint az MSZ EN 480-1:2015 szerinti légbuborékképző nélküli referenciabeton levegőtartalma az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti nyomásmódszerekkel vizsgálva, és a friss beton összes levegőtartalma 4-6 térfogat% között legyen. A 28 napos korú, légbuborékképző adalékszerrel készült beton nyomószilárdságának el kell érnie a légbuborékképző adalékszer nélkül készített ellenőrző beton nyomószilárdságának 75 %-át.

Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 10 táblázatában egyedül az XF4 környezeti osztályban írnak elő a *megszilárdult betonban* 0,18 mm-nél kisebb távolsági tényezőt (AF). Elvárják, hogy az XF4 környezeti osztályban a távolsági tényező 0,16 mm-nél ne legyen nagyobb. Megkövetelik továbbá, hogy a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége (L300) a *megszilárdult betonban* az XF2 és XF3 környezeti osztály esetén 1,0 – 3,0 térfogat%, az XF4 környezeti osztály esetén 1,8 – 5,0 térfogat% közé essék. Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 5.5.5 szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a *megszilárdult betonban* a hatékony légbuborékok mennyisége (L300) akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták. E szabvány NAD 10 táblázata arról is intézkedik, hogy ha valamely előírás nem a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű, hatékony légbuborékok mennyiségét (L300), hanem az összes légbuborék mennyiségét szabályozza, akkor a légbuborékokat 0,75 mm névleges átmérőig kell számításba venni, amelyek mennyiségének jele: L750.

Az épülő beton vagy vasbeton szerkezet betonjának légbuboréktartalmát általában az építés helyszínén közvetlenül a beépítés előtt vett betonmintából készített megszilárdult próbatestből kialakított próbalemezen helyes vizsgálni. Tudni illik meg kell győződni arról, hogy a légbuborékképző adalékszerrel készített friss betont a mixergépkocsi dobjában nem gyorsfordulattal (12/perc) keverték, ha ugyanis igen, akkor a gyors keverés hatására a betongyárban beállított légbuborék-rendszer nagy valószínűséggel tönkremegy.

Összegezve: Még meg kell írni.

19.3. LÉGBUBORÉKKÉPZŐS SZILÁRD, FAGYÁLLÓ BETON LÉGBUBORÉKTARTALMÁNAK ÉS TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A megszilárdult beton hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét a megszilárdult betonból kimunkált próbalemezen kell az MSZ EN 480-11:2006 szabvány szerint meghatározni. Az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos vizsgálat az ASTM C 457:1998 szabványon alapul. A vizsgálat főbb eszköze a keresztmérő-asztal és a 100 ± 10 -szeres nagyítású sztereomikroszkóp.

19.1. táblázat: Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa a megszilárdult betonban lévő légbuborékok eloszlásának számítására, javított értékekkel

Oszlop	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Osztály sor-száma	Húr-hosszúsági osztályok határai	Húrok száma az osztályban	Húryakoriság, 1 mm mérő-vonal hossza T_{tot} értékkel	1 mm ³ beton-lévő, osztály-határközötti légbuborékok átmérőjű átmetszési valószínűsége 1)	Húrok száma beton mm ³ -enként	Légbuborékok száma az osztályban beton mm ³ -enként	Egy légbuborék térfogata	Légbuborék tartalom osztályonként	Összes légbuborék tartalom
Számítási utasítás		$y_{alsó} - y_{felső}$ 1)	Mért C_i darabszám	3. oszlop adata osztály T_{tot} értékkel 3)	légbuborékok átmérőjű	4. oszlop adata osztály az 5. oszlop adataival	6. oszlop adataiból kivonva a 6. oszlop következő adatát	Felső osztályhatár átmérőjű buborék 1)	7. oszlop adata szorozva a 8. oszlop adataival és 100-zal	9. oszlop adatainak göngyöltített értéke 4)
Mértékegység		μm	db	db/mm	mm ²	db/mm ³	db/mm ³	mm ³ /db	térfogat%	térfogat%
Megjegyzések: 1) Az 1., 2., 5., és 8. oszlop értékei minden vizsgálat esetén azonosak. 2) A 10. oszlopban bekeretezett adat az A_{300} értéknek felel meg. 3) Az 1 mm hosszon átmetszett légbuborékok száma az osztályban 4) A felső osztályhatárhoz tartozó értékek	1.	0 - 10	65	0,02708	0,0001178	229,90945	140,483	$5,24 \times 10^{-7}$	0,007	0,01
	2.	15 - 20	58	0,02417 jav	0,0002749	87,92288 jav	7,869 jav	$4,19 \times 10^{-6}$	0,003 jav	0,01
	3.	25 - 30	83	0,03458	0,0004320	80,05401	6,483	$1,41 \times 10^{-5}$	0,009	0,02
	4.	35 - 40	104	0,04333	0,0005890	73,57102	24,427	$3,35 \times 10^{-5}$	0,082	0,10
	5.	45 - 50	88	0,03667	0,0007461	49,14444	13,161	$6,54 \times 10^{-5}$	0,086	0,19
	6.	55 - 60	78	0,03250	0,0009032	35,98317	11,108	$1,13 \times 10^{-4}$	0,126	0,31
	7.	65 - 80	136	0,05667	0,0022780	24,87562	13,405	$2,68 \times 10^{-4}$	0,359	0,67
	8.	85 - 100	80	0,03333	0,0029060	11,47052	3,925	$5,24 \times 10^{-4}$	0,206	0,88
	9.	105 - 120	64	0,02667	0,0035340	7,54575	2,341	$9,05 \times 10^{-4}$	0,212	1,09
	10.	125 - 140	52	0,02167	0,0041630	5,20458	2,682	$1,44 \times 10^{-3}$	0,386	1,48
	11.	145 - 160	29	0,01208	0,0047910	2,52209	0,600	$2,14 \times 10^{-3}$	0,128	1,61
	12.	165 - 180	25	0,01042	0,0054190	1,92225	0,613	$3,05 \times 10^{-3}$	0,187	1,79
	13.	185 - 200	19	0,00792	0,0060476	1,30906	0,623	$4,19 \times 10^{-3}$	0,261	2,05
	14.	205 - 220	11	0,00458	0,0066760	0,68654	0,230	$5,58 \times 10^{-3}$	0,128	2,18
	15.	225 - 240	8	0,00333	0,0073040	0,45637	0,036	$7,24 \times 10^{-3}$	0,026	2,21
	16.	245 - 260	8	0,00333	0,0079330	0,42019	0,079	$9,20 \times 10^{-3}$	0,073	2,28
	17.	265 - 280	7	0,00292	0,0085610	0,34069	0,114	$1,15 \times 10^{-2}$	0,131	2,41
	18.	285 - 300	5	0,00208	0,0091890	0,22672	0,032	$1,41 \times 10^{-2}$	0,046	2,46
	19.	305 - 350	12	0,00500	0,0257200	0,19440	0,054	$2,24 \times 10^{-2}$	0,121	2,58
	20.	355 - 400	10	0,00417	0,0296500	0,14053	0,016	$3,35 \times 10^{-2}$	0,055	2,63
	21.	405 - 450	10	0,00417	0,0335800	0,12408	0,035	$4,77 \times 10^{-2}$	0,168	2,80
	22.	455 - 500	8	0,00333	0,0375000	0,08889	0,072	$6,54 \times 10^{-2}$	0,471	3,27
	23.	505 - 1000	24	0,01000	0,5910000	0,01692	0,014	$5,24 \times 10^{-1}$	0,753	4,03
	24.	1005 - 1500	6	0,00250	0,9837000	0,00254	0,0010	1,77	0,182	4,21
	25.	1505 - 2000	5	0,00208	1,3760000	0,00151	0,0008	4,19	0,338	4,55
	26.	2005 - 2500	3	0,00125	1,7690000	0,00071	0,0005	8,18	0,420	4,97
	27.	2505 - 3000	1	0,00042	2,1620000	0,00019	0,0002	$1,41 \times 10^{-1}$	0,272	5,24
	28.	3005 - 4000	0	0,00000	5,5020000	0,00000	0,0000	$3,35 \times 10^{-1}$	0,000	5,24

A vizsgálathoz két darab mintegy $100 \times 150 \times 40$ mm méretű vizsgálati próbalemezre van szükség, amelyeket legkorábban a beton 7 napos korában szabad a víz alatt tárolt, ismert összetételű próbakockák közepéből, a beton simított felületére merőlegesen kivágni. A próbalemezek vizsgálatra kiválasztott egyik nagyobb oldallapját finomra kell csiszolni. Az így előkészített próbalemezeket úgy kell a keresztmérő-asztalra helyezni, hogy a mérővonalak a beton simított felületével párhuzamosak legyenek.

A vizsgálat során mind a két előkészített próbalemez vizsgálati felületén három sávban, egymástól 6 mm távolságra, 3×4 mérővonalat kell felvenni, amelyek összes hossza próbalemezenként legalább 1200 mm, a két próbalemezen összesen 2400 mm. A mérővonalakat sztereomikroszkóppal kell végig pásztázni. A leolvasások megkönnyítésére a légpórusokat és légbuborékokat is, meg lehet tölteni például cinkpéppel.

A légbuborékeloszlás meghatározását az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatában számpéldán mutatják be (19.1. táblázat). A következőkben lépésenként kövessük nyomon a légbuborékeloszlás számítását, szögletes zárójelben feltüntetve a 19.1. táblázat 18. sorában szereplő számértékeket, és az egyszerűség kedvéért a légpórusokat is légbuboréknak nevezve.

A számításokhoz a beton összetételéből meg kell határozni a cementkő térfogatarányát, amely a cement, illetve a kötőanyag, a keverővíz és az adalékszerek térfogata összegének a beton térfogatára vetített értéke térfogat%-ban (jele: P).

A mérés során feltételezzük, hogy a légbuborékok gömb alakúak. A sztereomikroszkóppal a mérővonallal átmetszett minden 0-4 mm közötti húrhosszúságú „cementkő-hiányt” számításba kell venni, kivéve, ha az egyértelműen repedés. (A hosszú húrokat kihagyva jobb eredmény adódik.)

- A sztereomikroszkóp segítségével le kell mérni a légbuborékok egyenkénti és összes húrhosszát (T_a), valamint a szilárd részek (cementkő + adalékanyag) összes hosszát (T_s) amely két utóbbi összege a mérővonalak teljes hosszát (T_{tot}) adja.
- A két vizsgálati felületen mért húrhosszakat húrhosszúsági osztályokba kell sorolni [2. oszlop: 0,285 - 0,300 mm], és osztályonként meg kell adni a két vizsgálati felületen metszett légbuborék-húrok darabszámát (jele: C_i) [3. oszlop: 5 db],
- majd az osztályonkénti darabszámot el kell osztani a két vizsgálati felület mérővonala hosszának összegével (esetünkben $T_{tot} = 2400$ mm-rel) [4. oszlop: 0,00208]. Az eredmény a húroknak darabszám szerinti – a mérővonal hossza vonatkoztatott – gyakorisága, más szóval a húrok fajlagos darabszáma osztályonként, a mértékegység: db/mm.
- Nem minden légbuborékot metszenek át a mérővonalak, ezért ki kell számítani az 1 mm^3 betontérfogatra jutó buborékok darabszámát. Ennek kiszámításához előbb meg kell határozni, hogy a mérővonal valamely húrhosszúsági osztály határértékei közé eső húrhosszúságú légbuborékot milyen valószínűséggel metsz át, amely számításához valószínűségi feltételezés szükség. Annak valószínűsége, hogy a mérővonal valamely húr hosszúsági osztály határértéknél kisebb húrhosszúságú légbuborékot átmetsz, egyenlő az osztály határérték átmérőjű kör területének és az 1 mm^3 betontérfogat keresztmetszetének (1 mm^2) hányadosával. Ebből következik, miszerint annak a valószínűsége, hogy a mérővonal az 1 mm^3 betontérfogatban lévő, valamely húrhosszúsági osztály határértékei közé eső húrhosszúságú légbuborékot átmetszi, egyenlő az osztály 2,5 μm -rel növelt felső határértékének megfelelő átmérőjű kör területének és az osztály 2,5 μm -rel csökkentett alsó határértékének megfelelő átmérőjű kör területének mm^2 -ben kifejezett különbségével [5. oszlop: 0,0091890]:

$$\frac{\pi}{4 \times 10^6} \times \{(y_{felső} + 2,5)^2 - (y_{alsó} - 2,5)^2\}$$

Az összefüggésben az osztályhatárokat azért kell 2,5 µm-rel korrigálni, mert az osztályhatárok a 19.1 táblázatban 5 µm-ra kerekítve szerepelnek. Az átmetszési valószínűség mértékegysége mm², és a húrhosszúsági osztályhoz tartozó állandó.

- Ha a hurok fajlagos darabszámát [4. oszlop: 0,00208] elosztjuk az átmetszési valószínűséggel [5. oszlop: 0,0091890], akkor az adott osztályhatárok közé eső hurok 1 m³ térfogatú betonban lévő darabszámát kapjuk meg, függetlenül attól, hogy azokat a metszővonalak metszették-e vagy sem [6. oszlop: 0,22672 db/mm³]. A 6. oszlop a hurok lehetséges összes számát, és nem a légbuborékok lehetséges összes számát tartalmazza osztályonként. Valamely légbuborék több húrhosszúsági osztály húrját tartalmazhatja, és ezért mindezen húrhosszúsági osztályokban megszámlálásra került.
- Eszerint a mérővonallal átmetszett húr a légbuboréknak nem feltétlenül az átmérője, hanem lehet a húrhossznál nagyobb átmérőjű légbuborék húrja. Így a példabeli 18. húrhosszúsági osztály a 0,285 mm-nél nagyobb átmérőjű összes légbuborék darabszámát [6. oszlop: 0,22672 db/mm³], a 19. húrhosszúsági osztály a 0,305 mm-nél nagyobb átmérőjű összes légbuborék darabszámát [6. oszlop: 0,19440 db/mm³] tartalmazza, a kettő különbsége a 18. húrhosszúsági osztályba, azaz 0,285 – 0,305 mm közé eső átmérőjű légbuborék darabszámát adja meg [7. oszlop: 0,032 db/mm³].
- Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány számpéldájában a húrhosszúsági osztályok száma 28, amelytől azonban a gyakorlatban el lehet térni annak érdekében, hogy a számpélda szerinti 6. oszlop adatai csökkenő számsort képezzenek, a 7. oszlopban pedig csak pozitív számértékek legyenek.
- Az 1 mm³ betonban lévő összes légbuborék térfogatának meghatározásához osztályonként ki kell számítani a húrhosszúsági osztály felső határértékével azonos nagyságú légbuborék térfogatát [8. oszlop: $(\pi/6) \times 0,3^3 = 0,0141$ mm³/db], amely a példától független állandó szám.
- A húrhosszúsági osztályba eső átmérőjű, 1 mm³ betonban lévő légbuborékok darabszámát [7. oszlop: 0,032 db/mm³] megszorozva egy légbuborék térfogatával [8. oszlop: 0,0141 mm³/db], a húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm³ betonban lévő összes légbuborék térfogatát kapjuk meg [9. oszlop: 0,00046 mm³/mm³], amelyet térfogat%-ban fejezünk ki [9. oszlop: 0,046 térfogat%], és amely tulajdonképpen a légbuborékok gyakorisága..
- A húrhosszúsági osztály felső határértékénél kisebb átmérőjű összes légbuborék mennyiségét a betonban, azaz a légbuborékeloszlás értékét, e felső és ennél kisebb határértékű húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm³ betonban lévő összes légbuborék térfogatszázalékának összegeként kapjuk meg [10. oszlop: 2,41 + 0,046 = 2,46 térfogat%].
- Minthogy a szabványos felfogás szerint hatékony légbuborékoknak a 0,01 mm és 0,3 mm közé eső névleges átmérőjű légbuborékokat tekintjük, ezek mennyisége az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája szerinti betonban $A_{300} = 2,46$ térfogat%, azzal a pontatlansággal, hogy az A_{300} értékből a 0,01 mm-nél kisebb névleges átmérőjű légbuborékok mennyiségét (19.1. táblázat 1. sora és 10. oszlopa szerint 0,01 térfogat%) nem vontuk le.

- A húr hosszúsági osztály utolsó, 28. sorszámú sorában a 10. oszlopban található számérték [$A_{4000} = 5,24$ térfogat%] a legfeljebb 4 mm átmérőjű légbuborékok betonban lévő teljes mennyiségét, azaz a névleges légbuboréktartalmat adja meg (19.1. táblázat).

A távolsági tényező ($\overline{L_{d_{max}}}$) meghatározásához elő kell állítani az idealizált cementkő-modellt:

- a beton összetételéből ki kell számítani a cementkő térfogatarányát, amelyet az egyszerűség kedvéért a cement, illetve a kötőanyag, a keverővíz és az adalékszeresek térfogata összegének, azaz a péptérfogatnak a beton térfogatára vetített értékeként kapunk meg, térfogat%-ban (jele: P);
- ki kell számítani cementkő térfogatarányának ($P/100$) és a légbuborékok betonbeli térfogatarányának ($A/100$) hányadosát ($R = P/A$);
- ki kell számítani a légbuborékok térfogati fajlagos felületét (α) az

$$\alpha = \frac{4 \times \sum C_i}{T_a} \quad [\text{mm}^{-1}] \quad \text{összefüggésből,}$$

amelyek felhasználásával a távolsági tényező ($\overline{L_{d_{max}}}$):

$$\text{ha } R > 4,342, \text{ akkor: } \overline{L_{d_{max}}} = \frac{3 \times \left\{ 1,4 \times (1 + R)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\}}{\alpha} \quad [\text{mm}]$$

$$\text{ha } R \leq 4,342, \text{ akkor: } \overline{L_{d_{max}}} = \frac{P \times T_{tot}}{400 \times \sum C_i} \quad [\text{mm}]$$

ahol: $\sum C_i$ = a légbuborékokon mért húrok száma, db,

T_a = a légbuborékokon mért összes húr hossz mm-ben, amelyet az osztályonkénti átlagos húr hosszúságok és az osztályba eső húrok darabszámából lehet kiszámítani,

T_{tot} = a szilárd részekben mért összes hossz és légbuborékokon mért összes húr hossz összege, azaz a mérővonalak teljes hossza mm-ben.

Tételezzük fel, hogy a 19.1. táblázat betonját 300 kg/m^3 , $\rho_c = 3,0 \text{ kg/dm}^3$ anyagsűrűségű cementtel, 148 liter/m^3 vízzel és 2 kg/m^3 , $\rho_c = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ anyagsűrűségű légbuborékképző adalékszerrel készítették. Ha azzal a közelítéssel élünk, hogy a cementkő térfogataránya a megszilárdult betonban ugyanakkora, mint a cementpép térfogataránya a friss betonban, akkor a cementkő térfogataránya a betonban $P/100 = 0,25$; a légbuborékok térfogataránya a betonban a 19.1. táblázat 28. sorszámú sorának 10. oszlopbeli adatából: $A_{4000}/100 = 0,0524$, amelyből a cementkő és az összes légbuborék térfogatának aránya $R = 4,77$.

Számításaink szerint a 19.1. táblázat példájában a légbuborékokon mért húrok száma összesen: $\sum C_i = 999$ darab, a légbuborékokon mért húrok hossza összesen: $T_a = 129,165 \text{ mm}$, és ezekből a légbuborékok térfogati fajlagos felülete: $\alpha = 30,937 \text{ mm}^{-1}$, és a távolsági tényező: $\overline{L_{4000}} = 0,147 \text{ mm}$.

- Ha az $\overline{L_{4000}} = 0,147 \text{ mm}$ távolsági tényezőt és a 0,3 mm-nél kisebb átmérőjű légbuborékok $A_{300} = 2,46$ térfogat%-nyi mennyiségét a 19.2. táblázatban feltüntetett követelményekkel összevetjük, akkor megállapíthatjuk, hogy az MSZ EN 480-11:2006 szabványban szereplő számpélda alapján a feltételezéseink szerinti összetételű beton az MSZ 4798:2016 szabvány szerint mind XF3 környezeti

osztályú fagyálló, mind XF2 és XF4 környezeti osztályú fagy- és olvasztósó-álló beton készítésére alkalmas.

19.2. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd beton légbuborékszerkezeti követelménye az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázata szerint

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Távolsági tényező, $\overline{L_{d_{max}}}$, legfeljebb, mm	0,22	0,18
0,01 mm és 0,30 mm közötti névleges átmérőjű, úgy nevezett hatékony légbuborékok mennyisége, A_{300} , legalább, térfogat%	1,2	2,1

- Ha a cementkő és az összes légbuborék térfogatának aránya $R = 4,77$, akkor a cementkő légbuboréktartalma $100/R = 20,96$ térfogat%. Ennek alapján az MSZ EN 480-11:2006 szabványban szereplő számpélda alapján a feltételezéseink szerinti összetételű betonból az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton egyaránt készíthető (lásd a 10.5. táblázatot).
- Végül határozzuk meg a cementkő hatékony légbuboréktartalmát. Fentiekben azt kaptuk, hogy a cementkő térfogataránya a példabeli betonban $P/100 = 0,25$ és a 19.1 táblázat szerint a beton hatékony légbuboréktartalma: $A_{300} = 2,46$ térfogat%. Eszerint a példabeli cementkő hatékony légbuboréktartalma:

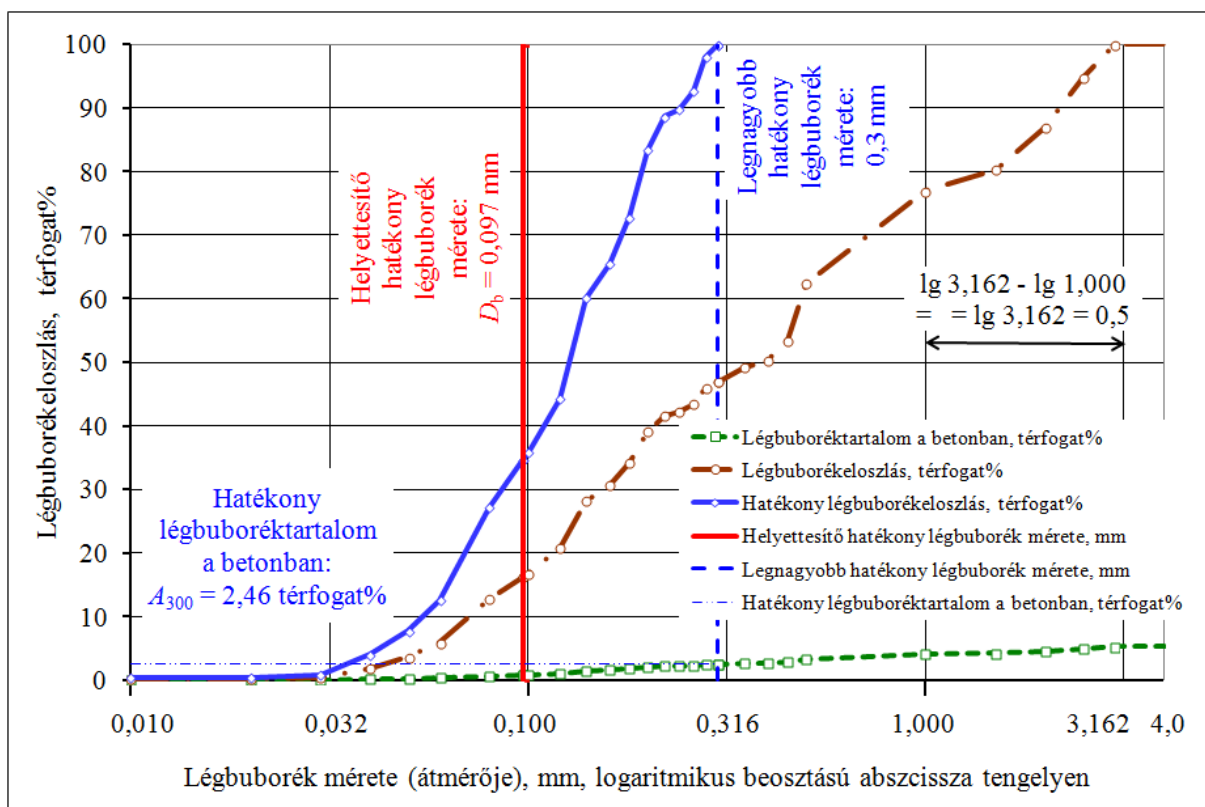
$$A_{300}^{\text{cementkő}} = \frac{A_{300}}{\frac{P}{100}} = \frac{2,46}{0,25} = 9,84 \quad [\text{térfogat}\%]$$

Ha az $1,0 \text{ mm}^3$ térfogatú cementkőben lévő hatékony légbuborékok térfogata $0,0984 \text{ mm}^3$ és egy helyettesítő légbuborék térfogata: $V_b = \pi \times d_b^3 / 6 = 4,778 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$, akkor a hatékony légbuborékok mennyisége:

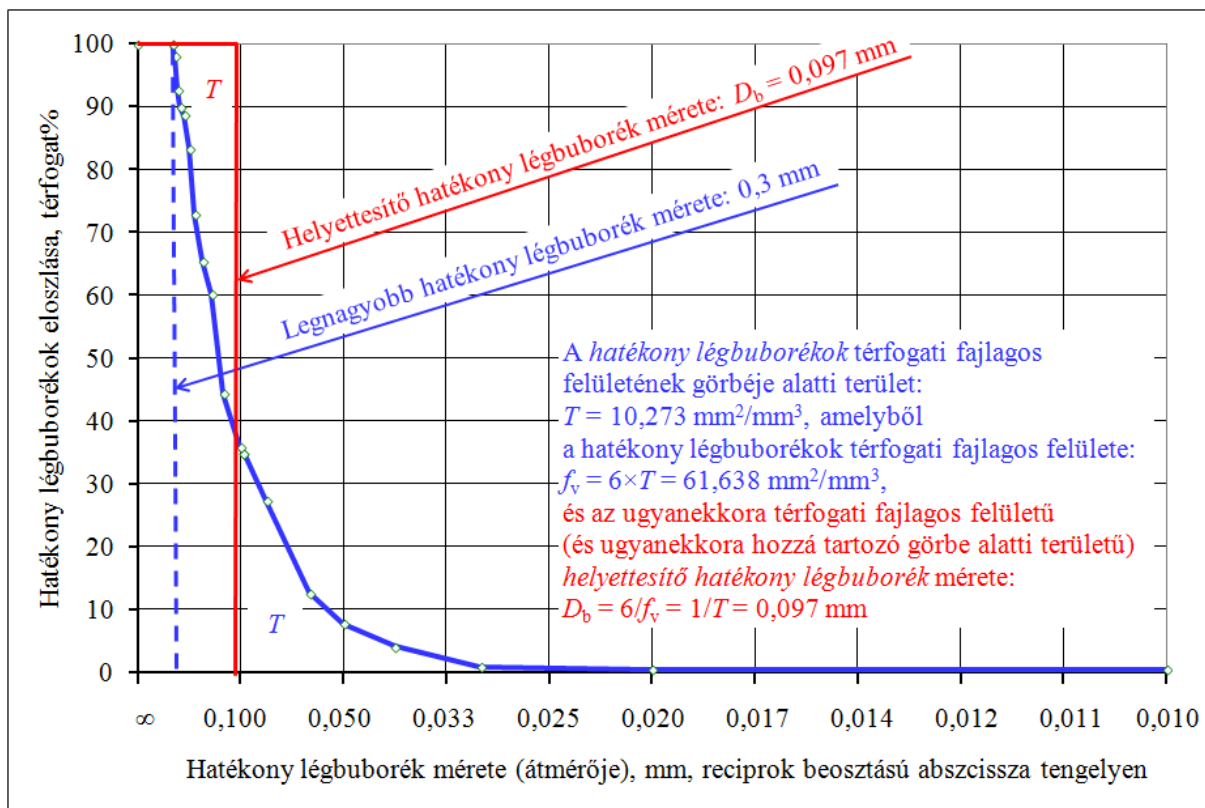
$$N_{\text{hatékony}} = \frac{\frac{A_{300}^{\text{cementkő}}}{100}}{V_b} = \frac{0,0984}{0,0004778} \approx 205 \quad [\text{darab}]$$

Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája (19.1. táblázat) szerinti beton légbuborékeloszlási görbéit a táblázat 10. oszlopának értékei alapján a 19.8. ábrában rajzoltuk meg. A légbuborékeloszlás és a hatékony légbuborékok eloszlásának görbéjét a légbuboréktartalom görbéjének renormálásával kaptuk. A légbuboréktartalom görbéjének a 4,0 mm alatti részét 100 térfogat%-nak tekintve a légbuborékeloszlási görbét, a 0,3 mm alatti részét 100 térfogat%-nak tekintve a hatékony légbuborékeloszlás görbéjét kaptuk.

A hatékony légbuborékeloszlás görbéjét reciprokon beosztású abszcissa-tengely felett megrajzolva (19.9. ábra) és a görbe alatti területet ($T = 10,273 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$) grafoanalitikusan meghatározva (Kausay, 2004), majd véve ennek hatszorosát, kiszámítottuk a hatékony légbuborékok térfogati fajlagos felületét ($f_v = 61,639 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$). Alkalmazva a $D_b = 6/f_v$ összefüggést, megkaptuk annak az „egyszemcsés” helyettesítő hatékony légbuboréknak a méretét ($D_b = 0,097 \text{ mm}$), amelynek ugyanakkora térfogati fajlagos felülete van, mint a hatékony légbuborékoknak, és amelytől balra eső terület ugyanakkora, mint a hatékony légbuborékok térfogati fajlagos felületének görbéje alatti terület.



19.8. ábra: Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa (19.1. táblázat) betonjának légbuborékeloszlása



19.9. ábra: Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa (19.1. táblázat) hatékony légbuborékainak térfogati fajlagos felületi görbéje

A légbuborék szerkezet vizsgálatával *Erdélyi Attila*, a vizsgálatához szükséges csiszolat elkészítésével *Zimonyi Gyula* foglalkozott részletesen (*Erdélyi – Zimonyi 1997*). A hagyományos módon végrehajtott, fáradtságos és időigényes vizsgálatot és a vizsgálati eredmények értékelését napjainkban már számítógéppel és videókamerával társított sztereomikroszkópos, automata műszerrel (AAVA, automated air void analyzer) fél órán belül el lehet végezni (*Pade – Jakobsen – Elsen 2002*).

Összegezve: Még meg kell írni.

20. SZILÁRDSÁG

Szerkezeteinkre általában összetett igénybevételek hatnak, melyek az egyszerű igénybevételek, mint a nyomó, nyíró, húzó, hajlító és csavaró igénybevétel valamilyen kombinációi.

Az igénybevételek az anyagban feszültséget ébresztenek. A szilárdság az anyag tönkremenetelét közvetlenül megelőző feszültségi határállapot, illetve a legnagyobb feszültség (törőfeszültség), amely mellett az anyag tönkremegy, elszakad, eltörik, elnyíródik stb.

Az anyagot a terhelő erővel statikusan, tartósan, változóan, dinamikusán vehetjük igénybe, és eszerint beszélünk statikus vizsgálatról, tartós vizsgálatról (kúszás), változó terhelésű (például fárasztó, lengési) vizsgálatról, dinamikus (például ütő) vizsgálatról (*Palotás*, 1979. 1. kötet).

A szilárdság vizsgálatokhoz olyan berendezést kell alkalmazni, amely megfelel az MSZ EN ISO 7500-1:2016 szabvány előírásainak.

20.1. NYOMÓSZILÁRDSÁG

Meg kell nézni, le kell fordítani, hogy Neville mit ír a nyomószilárdságról az 583. oldaltól a 625. oldalig.

Megnézni: DAfStb Heft 619. meg van nekem

20.1.1. Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásos módszerrel

A nyomás a szilárdságtan egyszerű igénybevételeinek egyike. A nyomás okozta törőfeszültséget nyomószilárdságnak nevezzük.

Az anyag nyomási törőfeszültségét nyomószilárdság vizsgálattal határozzuk meg, ennek eredménye annál jobb közelítést adja a próbatest elméleti törőfeszültségének, minél pontosabb a nyomószilárdság vizsgálat végrehajtása.

A beton nyomószilárdsága vizsgálatának pontosságát, illetve a vizsgálat eredményének megbízhatóságát befolyásoló főbb tényezők a következők (*Palotás – Balázs* 1980):

- a próbatest mérete, alakja és víztartalma;
- a beton legnagyobb szemnagysága;
- a próbatest utókezelésének módja;
- a nyomószilárdság vizsgáló berendezés rendszere és pontossága;
- a próbatest elhelyezkedése a szilárdságvizsgáló gépben;
- a terhelő erő növekedésének sebessége;
- a próbatest nyomott felülete és a vizsgálóberendezés nyomólapjai vagy az alátétlemezek közötti súrlódás. A nyomólapok egyike a gömbcsukló része lehet. A nyomólapokat alátétlemezek alkalmazásával lehet kímélni;
- a gömbcsukló kialakítása;
- a beton kora.

Az építmény vagy előregyártott elem készítéséhez használt beton mint termék nyomószilárdságát általában mindig a beton 28 napos, kivételesen 56 napos, ritkán legfeljebb 90 napos korában kell meghatározni, és előírt értéke is e korok valamelyikére, általában a 28 napos, esetleg az 56 vagy 90 napos korra vonatkozik (lásd e könyv 2.1.1. és 2.1.2. fejezetét). Ha a nyomószilárdsággal a 28 napostól eltérő korú beton nyomószilárdságát jellemzik, akkor ezt a körülményt az építmény megvalósítási szerződésében, illetve annak mellékletében rögzíteni szükséges. Az 56 vagy 90 napos vagy még idősebb beton nyomószilárdságából a 28 napos nyomószilárdságra visszamenőleg következtetni vagy annak megfelelőségét utólag igazolni nem szabad.

Az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány a kocka, henger és hasáb alakú próbatestek és az elkészítésükhöz szükséges formák (sablonok) méreteit és tűréseit írja elő, amelyek nem csak a szilárdság, hanem más tulajdonságok vizsgálatához szükséges próbatestekre és formákra is érvényesek. A sablon legkisebb névleges mérete, azaz a próbakocka sablonjának belső élhossza, a próbahenger sablonjának belső átmérője, a próbahasáb sablonja belső véglapjának élhossza legalább három és félszerese legyen az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának.

A beton minősítő erejű átlagos nyomószilárdságának (f_{cm}), jellemző értékének (f_{ck}) és nyomószilárdsági osztályának meghatározásához a 150 mm élhosszúságú próbakockát, valamint a 150 mm átmérőjű és 300 mm magasságú próbahengert alkalmazzuk. A nyomószilárdság-vizsgálati próbahengerek esetén a mérettűrések a kialakított alaplapú próbahengerekre vonatkoznak.

A formák vízzárók legyenek, és ne szívjanak fel vizet. A kalibrált formákat acélból vagy öntöttvasból kell készíteni, a méretek, a síkbeliség, a merőlegesség és az egyenesség tűréseiről az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány intézkedik. A szabvány a formák belső felületének érdességére követelményt nem tartalmaz.

Napjainkban műanyag formákat is használnak. Ezek egy idő múlva kihasasodhatnak, az ilyen alakhibás formában készített 150 mm élhosszúságú beton próbakockák 28 napos nyomószilárdsága 10%-kal is kisebb lehet, mint a szabványos alakú beton próbakockák nyomószilárdsága.

A szilárdság vizsgálatokhoz szükséges próbatestek készítésével, tömörítésével, tárolásával és szállításával az MSZ EN 12390-2:2019 szabvány foglalkozik. A formát vékony formaleválasztó filmmel kell bevonni. A beton konzisztenciájától és a tömörítési módszertől függően a formát egy vagy több rétegben kell megtölteni. Öntömörödő beton esetén a formát egy lépésben kell megtölteni, és a megtöltéskor vagy az után semmilyen mechanikai tömörítést sem szabad alkalmazni. A próbatestet kézzel mintegy 16 mm átmérőjű vagy 25×25 mm keresztmetszeti méretű acélrúddal, S1 és S2 konzisztencia osztályú (rozkodás) beton esetén általában rétegenként 25 ütéssel, illetve géppel legalább 40 Hz (2400/perc) frekvenciájú asztalvibrátorral vagy legalább 120 Hz (7200/perc) frekvenciájú merülővibrátorral szabad tömöríteni. Légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló beton esetén a merülővibrátoros tömörítést óvatosan kell alkalmazni, mert a merülővibrátorral a légbuborék-struktúrát károsíthatjuk. A tömörítést „optimális” ideig – a teljes tömörítésig, amíg levegő már nem úszik fel és a felület zárttá válik –, a beton túltömörítése és szétosztályozása nélkül, legalább két, 100 mm-nél nem vastagabb rétegben kell végezni, majd a próbatestet gondosan le kell simítani. A próbatestet elkészítése után a formában legalább 16 órán át, de legfeljebb 3 napos korig nyugalomban, vízvesztéstől óvva, 20±5 °C hőmérsékleten kell tárolni. Kizsaluzás után a próbatestet közvetlenül a vizsgálatig 20±2 °C hőmérsékletű víz alatt vagy 20±2 °C hőmérsékletű és 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni. Az ettől eltérő próbatest tárolási mód hatását az előírt víz alatti, illetve klímakamrás tárolási mód hatására át szabad számítani. Vita esetén a vízben, illetve klímasekrényben tárolás az érvényes. Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A2. fejezete (előírás) szerint azokat a vízben tárolt próbatesteket, amelyeket csiszolni kell, a csiszolás előtt legfeljebb 1 órával szabad a vízből kivenni, és a vizsgálatot megelőzően legalább 1 órával újra vízbe kell tenni; a csiszolással kapcsolatos fenntartásainkra alább visszatérünk.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint Magyarországon a próbakockát szabad vegyesen tárolni. Ebben az esetben a próbakockát elkészítése után legalább egy, de legfeljebb három napig 20±5 °C hőmérsékleten formában, mozdulatlanul kell tárolni úgy, hogy a próbakockából nedvesség ne távozhasson el (például állandóan megnedvesített ruhával letakarva). A vegyes

tárolású próbakockát kizsaluzása után 7 napos korig 20 ± 2 °C hőmérsékletű víz alatt, majd a vízből kivéve vizsgálatáig legalább 55% relatív páratartalmú, 20 ± 5 °C hőmérsékletű laboratóriumi levegőn, szárazon kell tárolni.

Ide alább be kellene írni az az idén vett szürke Merkblatt DBBV „Nachbehandlung von Beton” műszaki útmutatóból azt, ami fontos.

Hol írták elő régen azt, hogy a próbatesteket meszes vízben kell tárolni? A mai diákmunkák (diplomamunka, PhD. értekezés) szerint a BME Építőanyag laboratóriumában ma is így csinálja, holott ma nem ezt írják elő a szabványok.

A régi szabványok, kezdve az MNOSZ 934-51-től előírásait ide például lábjegyzetbe be lehetne írni.

Szállítás közben a vizesen tárolt próbatestet óvni kell a nedvességvesztéstől és a hőmérsékletváltozástól, például nedves homokba, nedves fűrészporba vagy nedves szövetbe ágyazással, vagy vizet tartalmazó lezárt műanyagzsákba helyezéssel (MSZ EN 12390-2:2009).

A nyomószilárdság vizsgálat végrehajtásával az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány foglalkozik. Próbatestként az MSZ EN 12350-1:2009, MSZ EN 12390-1:2013, MSZ EN 12390-2:2019 és MSZ EN 12504-1:2019 szabvány követelményeit kielégítő próbakockát, próbahengert vagy kifűrt magmintát szabad alkalmazni. Az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány szerint a laboratóriumban készített próbahenger átmérője $d = (100, 113, 150, 200, 250, 300)$ mm, magassága $h = 2 \times d$, a próbakocka élhosszúsága (100, 150, 200, 250, 300) mm lehet. Fűrt magminta vizsgálata esetén elfogadott az 1:1 magasság/átmérő arány is. Az MSZ EN 13369:2024 szabványban az áll, hogy 50 mm-nél kisebb átmérőjű és/vagy az átmérő 0,7-szeresénél kisebb magasságú fűrt magminta próbahengert az előregyártott elemek betonjának közvetlen³³² nyomószilárdság vizsgálatára alkalmazni nem szabad.

A sablonban (laboratóriumi zsaluzatban) készült próbatest legkisebb mérete legalább négyszerese, a szerkezeti elemből kimunkált (például fűrt) próbatest legkisebb mérete legalább háromszorosa legyen az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának (Grübl et al., 2001).

Ha a próbatest mérete vagy alakja nem felel meg az MSZ EN 12390-1:2009 szabvány előírásának, akkor vagy ki kell hagyni a vizsgálatból, vagy ki kell igazítani. A nem megfelelő méretű (megengedett tűrésen kívül eső) próbatestek méretfelvételéről a szabvány B melléklete szól. A kiigazítás módjait (csiszolás, habarcsolás, homokdoboz eljárás) az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A melléklete (előírás) tárgyalja.

Megjegyezzük, hogy a próbatestek felületének csiszolásával nem értünk egyet, mert az a mért nyomószilárdsági értéket jelentősen befolyásolhatja.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint a vizsgálat előtt a próbatest felületéről a nedvességet le kell törölni. Az alátétlemezekre vagy a távtartó blokkokon (MSZ EN 12390-4:2000) kívül más alátétet használni nem szabad. A próbatestet központosan kell a vizsgáló berendezésbe helyezni, a próbakockát a bedolgozás irányához képest 90 °-kal elfordítva úgy, hogy a formában, készítéskor lesimított felülete a vizsgálógép valamelyik oszlopával álljon szembe, és a vizsgálatot végző laboráns lássa a próbakocka lesimított oldalára írt jelet. Próbahenger esetén a habarcsolt simító réteg törése a beton tönkremenetele előtt nem

³³² Az előregyártott betonelemek betonja MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti közvetlen és közvetlen nyomószilárdságának értelmezését lásd e könyv 1.4. fejezetében az előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbeton címszó alatt.

megfelelő törést jelent.

A MSZ EN ISO 7500-1:2016 szabvány előírásainak megfelelő vizsgálógépen a törési sebességet úgy kell beállítani, hogy a feszültség növekedés $0,6 \pm 0,2 \text{ N/(mm}^2\text{s)}$ legyen. Miután a kezdeti terhelés a várható törőteher 30%-át elérte, $\pm 10\%$ pontossággal be kell állni az előírt feszültség növekedési sebességre. Például $0,6 \text{ N/(mm}^2\text{s)}$ terhelésnövekedéssel egy várhatóan 42 N/mm^2 nyomószilárdságú, 150 mm élhosszúságú próbakockát átlagban $42/0,6 = 70$ másodperc alatt kell eltörni, amikor is a terhelő erő növekedési sebessége: $42 \times 150 \times 150/70 = 13,5 \text{ kN/s}$. Megjegyezzük, hogy a visszavont MSZ 4715-4:1987 szabvány szerint a nyomófeszültséget $0,5 \pm 0,1 \text{ N/(mm}^2\text{s)}$ sebességgel kellett növelni. *Palotás László* „Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret” című, 1979-ben megjelent könyve III. fejezetének 4.1. szakaszában írta, hogy nagyobb terhelési sebességhez nagyobb törőteher tartozik, és ez a hatás annál nagyobb, minél gyengébb a beton. A terhelési sebességet növelve a σ - ε diagram terhelési ága mindig meredekebbé válik, az alakváltozások kisebbek lesznek, és ha a terhelési sebesség minden határon túl nő, akkor csak rugalmas alakváltozás jöhet létre. Dinamikus igénybevétel esetén a beton alakváltozása általában sokkal kisebb, mint a statikus teherhez tartozó alakváltozás. Ezért a beton az ütésszerű terhek alatt is viszonylag nagyobb teherbírású.

A betonpróbatetek nyomószilárdság vizsgálati eredményét az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint $0,1 \text{ N/mm}^2$ pontossággal kell megadni.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint végzett nyomószilárdság vizsgálat ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* 150 mm élhosszúságú próbakockákkal, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* 150 mm élhosszúságú próbakockákkal, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagértékek százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 13,2%;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* $\emptyset 160 \times 320 \text{ mm}$ méretű próbahengerekkel, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 8,0%;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* $\emptyset 160 \times 320 \text{ mm}$ méretű próbahengerekkel, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagértékek százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 11,7%.

A nyomószilárdság vizsgálat eredménye

- ezen ismétlési feltételek szerint akkor fogadható el,
 - ha 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén a relatív szórás kisebb, mint $s_{\text{rel}} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,032$, illetve,
 - ha $\emptyset 160 \times 320 \text{ mm}$ méretű próbahengerek esetén a relatív szórás kisebb, mint $s_{\text{rel}} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,029$;
- és ezen összehasonlítási feltételek szerint akkor fogadható el,

- ha 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén a relatív szórás kisebb, mint $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,047$, illetve,
- ha $\varnothing 160 \times 320$ mm méretű próbahengerek esetén a relatív szórás kisebb, mint $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,031$.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 1. táblázatát úgy értelmezzük, hogy a nyomószilárdságot egy vizsgálat esetén két, ugyanabból a friss beton mintából származó, egyformán kezelt próbakockán kell megmérni. Egy vizsgálat eredménye a két nyomószilárdság mérés átlaga. Ezt a vizsgálatot kétszer kell elvégezni, rövid időn belül (lásd MSZ ISO 5725-1:2000), és meg kell vizsgálni a két vizsgálati eredmény összeférhetőségét. *Ismétlési feltételek* esetén a vizsgálatot kétszer végzi el ugyanaz a laboráns (tehát összesen $2 \times 2 = 4$ próbakocka nyomószilárdságát méri meg) ugyanazon eszközökkel. Az egy laboráns által meghatározott két vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közötti terjedelem (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 1. táblázatában szereplő $r\%$ érték (korlát). *Összehasonlítási feltételek* esetén a vizsgálatot egyszer-egyszer végzi el két, különböző laboratóriumban dolgozó laboráns (tehát ebben az esetben is összesen $2 \times 2 = 4$ próbakocka nyomószilárdságát mérik meg), mindegyikük a saját eszközeivel, tehát különböző eszközökkel. A két laboráns által meghatározott egy-egy vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közötti terjedelem (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 1. táblázatában szereplő $R\%$ érték (korlát).

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 2. táblázatát úgy kell érteni, hogy a nyomószilárdságot egy vizsgálat esetén három, ugyanabból a friss beton mintából származó, egyformán kezelt próbahengeren kell megmérni. Egy vizsgálat eredménye a három nyomószilárdság mérés átlaga. Ezt a vizsgálatot mindig kétszer kell elvégezni, rövid időn belül (lásd MSZ ISO 5725-1:2000), és meg kell vizsgálni a két vizsgálati eredmény összeférhetőségét. *Ismétlési feltételek* esetén a vizsgálatot kétszer végzi el ugyanaz a laboráns (tehát összesen $2 \times 3 = 6$ próbahenger nyomószilárdságát méri meg), ugyanazon eszközökkel. Az egy laboráns által meghatározott két vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közötti terjedelem (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 2. táblázatában szereplő $r\%$ érték (korlát). *Összehasonlítási feltételek* esetén a vizsgálatot egyszer-egyszer végzi el két, különböző laboratóriumban dolgozó laboráns (tehát ebben az esetben is összesen $2 \times 3 = 6$ próbahenger nyomószilárdságát mérik meg), mindegyikük a saját eszközeivel, tehát különböző eszközökkel. A két laboráns által meghatározott egy-egy vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közti terjedelem (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 2. táblázatában szereplő $R\%$ érték (korlát).

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány a megengedett relatív terjedelem ($r =$, illetve $R = 100 \times \text{terjedelem}/\text{átlag}$) megadásával a relatív szórást ($s_r =$, illetve $s_R = 100 \times \text{szórás}/\text{átlag}$) korlátozza, mert a relatív vizsgálati terjedelem és a relatív vizsgálati szórás hányadosának ($\omega = r/s_r$, illetve R/s_R) elméleti értéke 95%-os statisztikai biztonság mellett, két vizsgálat esetén $\omega_2 = 2,77$. Az $\omega = r/s_r$, illetve R/s_R hányados (standardizált terjedelem) gyakorlati értéke attól függ, hogy hány mérés alapján és hány laboráns (laboratórium) részvételével határozták meg.

Ha a relatív terjedelemre vonatkozó követelmény (r , illetve R korlát) teljesül, akkor a vizsgálatokat 95%-os valószínűséggel az ismétlési, illetve az összehasonlítási feltételek között végezték; és 95% annak a valószínűsége, hogy a két vizsgálati eredmény azon vizsgálati eredmények közé tartozik, amelyek relatív terjedelme kisebb a relatív terjedelemre vonatkozó követelménynél (r , illetve R korlát), vagy azzal legfeljebb egyenlő.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerinti nyomószilárdság vizsgálati ismétlési és összehasonlítási feltételeket³³³ – hasonlóan a konzisztencia, a friss és a szilárd beton testsűrűsége, a friss beton levegőtartalma ismétlési és összehasonlítási feltételeihez – egyesült királyságbeli és franciaországi kísérletek eredményei alapján fogalmazták meg. A feltételek teljesítése az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint a vizsgálati eredmények érvényének nem feltétele, azok tehát nem tekinthetők előírásnak, széles körű gyakorlati alkalmazásuk nehezen képzelhető el, a szűk határértékek inkább a kísérletben részt vevő laboratóriumok felkészültségének és pontos munkájának („precizitásának”) bizonyítéka.

Arra a kérdésre, hogy mi a teendő, ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények relatív terjedelmére vagy az azzal összefüggő relatív szórására vonatkozó feltétel nem teljesül, az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány nem ad választ.

A vizsgálati eredmények ismétlési és összehasonlítási feltételeinek számítási modelljével e könyv II. kötetében foglalkozunk.

Valahova el kellene helyezni a nyomószilárdság meghatározási folyamatábrákat

Összegezve: Még meg kell írni.

20.1.1.1. A nyomószilárdság-vizsgálati próbatestek törésképe

A próbatest törésképeinek jelzés értéke van. A sík, párhuzamos, egymásra, illetve az alkotókra merőleges oldalakkal rendelkező, középpontosan terhelt próbatest törésképe szabályos,

³³³ Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint az egyesült királyságbeli kísérletek tapasztalatai alapján például egy laboráns ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálati eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%, illetve, ha a két mérés eredményének szórása az átlagérték százalékában – azaz a variációs együttható – az esetek 95 százalékában kisebb, mint 3,2%. Ez a „precizitási” ismétlési feltétel nagyságrendjét tekintve nincs összhangban az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdésével, amely szerint, ha egy mintából két vagy több próbatest készül, és a vizsgálati értékek terjedelme nyomószilárdság vizsgálat esetén nagyobb, mint az átlag 15%-a, akkor az eredményeket el kell vetni, és az egykori MSZ 15022-1:1971 szabvánnyal sem, amelyben 15%-os variációs együtthatóval (relatív szórással) számoltak, de elvileg sincs összhangban az MSZ 4798:2018 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszában megszabott, átlagszilárdságtól független, $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú betonokra vonatkozó $\sigma_{\text{test,min}} = 3 \text{ N/mm}^2$ szórási határértékkel, mert az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány precizitási feltétele szerint a nyomószilárdsági terjedelem és szórás az átlagszilárdság függvénye.

A nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmével részletesebben e könyv 20.1.4.1. fejezetében foglalkozunk.

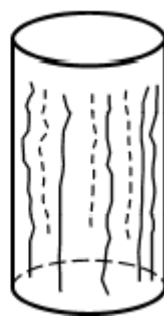
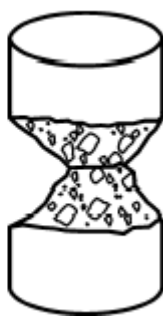
szimmetrikus, ezeknek a feltételeknek a hiányában szabálytalan, aszimmetrikus. Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány vázlatrajzokat mutat be a próbatest megfelelő (20.1.1.1., 20.1.1.3. és 20.1.1.4. ábra) és nem megfelelő (20.1.1.2., 20.1.1.5. és 20.1.1.6. ábra) törésképére.



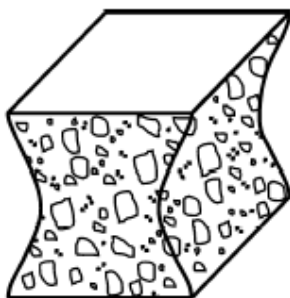
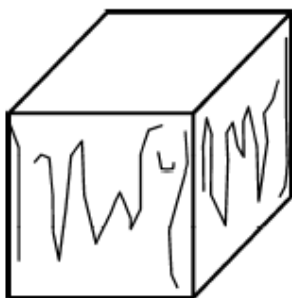
20.1.1.1. ábra: Próbakocka megfelelő, szabályos, szimmetrikus törésképpel



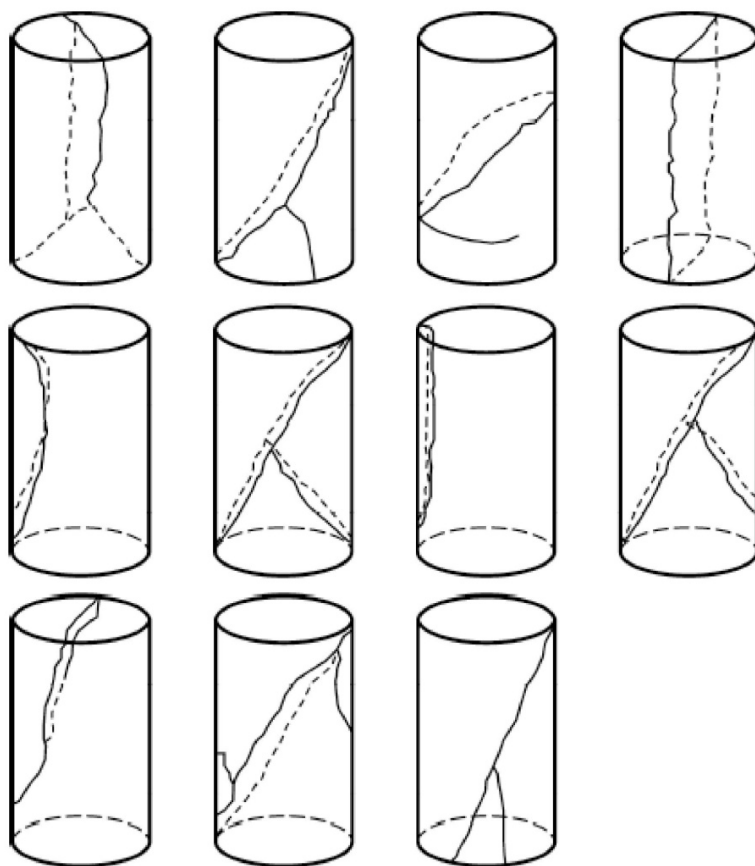
20.1.1.2. ábra: Próbakocka nem megfelelő, szabálytalan, aszimmetrikus törésképpel



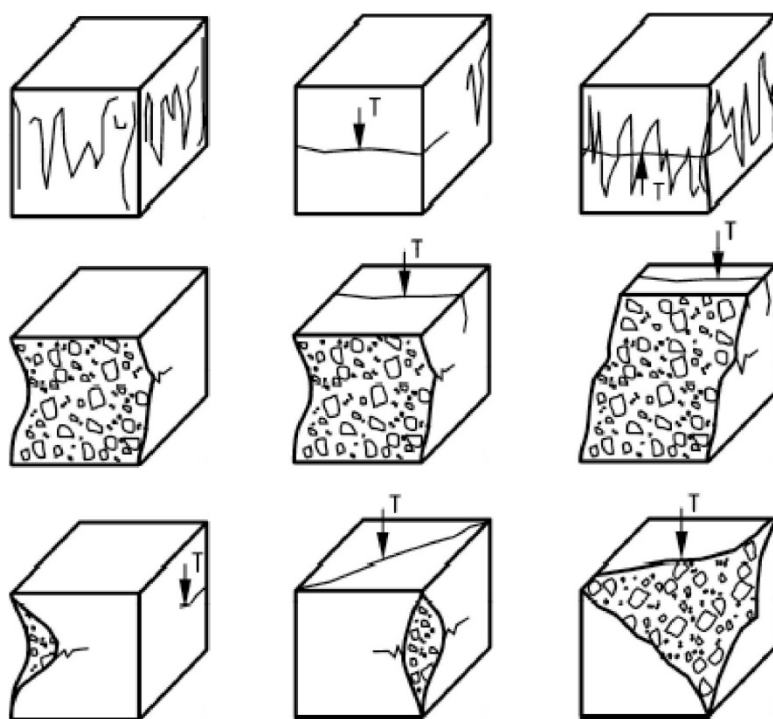
20.1.1.3. ábra: Próbahengerek megfelelő törésképe (MSZ EN 12390-3:2009, Iken et al., 2012)



20.1.1.4. ábra: Próbakockák megfelelő törésképe. Megjegyzés: Mind a négy szabad felület közel egyformán törik, a nyomólappal érintkező felületek általában alig sérülnek. Az első próbakocka „szétrobbant, összeroppant” (MSZ EN 12390-3:2009 Iken et al., 2012).



20.1.1.5. ábra:
Próbahengerek nem megfelelő törésképe (MSZ EN 12390-3:2009, Iken et al., 2012)



20.1.1.6. ábra:
Próbakockák nem megfelelő törésképe.

Megjegyzés: T = Repedés húzásra (MSZ EN 12390-3:2009, Iken et al., 2012)

Összegezve: Még meg kell írni.

20.1.1.2. A gömbcsukló

Meg kell nézni, le kell fordítani, hogy Neville mit ír az 590-593. oldalon a gömbcsuklóról

A ma gyártott szilárdságvizsgáló-gépeket általában beépített, felső gömbcsuklóval szállítják, amelynek gömbi középpontja sok esetben a próbatest felső terhelt felületére esik. Ez a gyakorlat a csukló kialakításához illő méretű és alakú betonpróbatestek minősítő vizsgálata során nem feltétlenül jelent gondot, de az ettől eltérő helyzetek, az igényesebb munkák, kutatások azonban a nyomógépbe beépített csuklóval és beépített nyomólapokkal szemben sokszor árnyaltabb követelményeket támasztanak, ugyanis a nyomószilárdság vizsgálat eredménye a gömbcsukló és a betonpróbatest mérete közötti arányoktól is függ.

A nyomószilárdság vizsgáló berendezés acél nyomólapjainak, ugyanolyan minőségű, legalább 23 mm vastag acéllemez-alátéteinek, távtartó blokkjainak anyagára, méretére, tűrésére, kialakítására és elhelyezésére, az erőkijelző rendszerére és pontosságára, az erőszabályozó rendszerére vonatkozó előírásokat az MSZ EN 12390-4:2020 szabvány tartalmazza. A gép nyomólapjainak és acéllemez-alátéteinek *Vickers*-keménysége az MSZ EN ISO 6507-1:2018 szabvány szerint vizsgálva legalább 550 HV 30 (megfelel az 53 HRC MSZ EN ISO 6508-1:2016 szabvány szerinti *Rockwell*-keménységnek), felületi érdessége a próbatesttel érintkező területen az ISO R 468:1966 szabvány szerint vizsgálva 0,4 μm és 3,2 μm közötti érték legyen. A nyomólapok és acéllemez-alátétek síklapúak, felületei párhuzamosak, és a gép használata során nem szabad maradó alakváltozást szenvedjenek. A próbatest középponti elhelyezésének megkönnyítésére az alsó nyomólapot 0,5 mm-nél nem szélesebb és 1,0 mm-nél nem mélyebb központosító vonalakkal, tájolócsapokkal stb. kell ellátni. Szükség esetén a gép nyomólapjai közötti távolság csökkentésére a távtartó tömböket lehet használni. A szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgáló berendezés különálló vagy a felső nyomólappal egybeépített felső gömbcsuklót kell tartalmazzon, amelynek forgási (geometriai) középpontja egybe kell eszen a gép felső nyomólapja érintkező felületének középpontjával, és legalább 3 fokos kitérést kell lehetővé tennie. A szabvány rendelkezik az erőbevezetés módjáról, a nyomószilárdság vizsgáló berendezés kalibrálásáról, a gyártó által megadandó gépadatokról, valamint a nyomószilárdság vizsgáló berendezés működésének környezeti feltételeiről is.

A visszavont MSZ ISO 4012:1992 szabványban is az állt, hogy a nyomólapok egyikének (célszerűen a felsőnek) olyan átmérőjű gömbcsuklója legyen, hogy a szokásosan alkalmazott terhelés alatt az esetleg alkalmazott, az eredeti nyomólapok követelményeit kielégítő segédlemezek alakváltozása ne lépje túl a síktól való eltérés tűrését. A gömbcsukló középpontjának a nyomólap felületén vagy olyan pontban kell lennie, amelynek távolsága a felülettől legfeljebb a nyomólap átlójának vagy átmérőjének 1/200-ad része. A gömb átmérője ne legyen sokkal nagyobb, mint a nyomólappal érintkező próbatest legnagyobb mérete.

A nyomólap és a gömbcsukló kialakításával a visszavont magyar szabványok is foglalkoztak. Az MSZ 4715-4:1972 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálatot olyan nyomógéppel kell végezni, amelynek legalább egyik felfekvő nyomólapja gömbcsuklós kiképzésű. A gömbcsukló átmérője ne legyen nagyobb a nyomott felület átlójánál (átmérőjénél), középpontja a nyomott felület szintjében legyen. A csukló középpontja a terhelést közvetítő mozgó elem (dugattyú) tengelyvonalában legyen, illetve eltérésük nem lehet 1 mm-nél nagyobb. A nyomólap legalább akkora felületű sík acéllap legyen, mint a próbatest nyomott felülete. A nyomólap 100 mm-en legfeljebb 0,05 mm-rel térhet el a síktól. Vastagságát úgy kell megválasztani, hogy teljesüljön a csukló középpontjának magassági helyzetére vonatkozó követelmény. A gép nyomólapjai és a próbatest közé a próbatest nyomott felületénél nem kisebb, legalább 10 mm vastag, csiszolt felületű sík acéllapok helyezhetők.

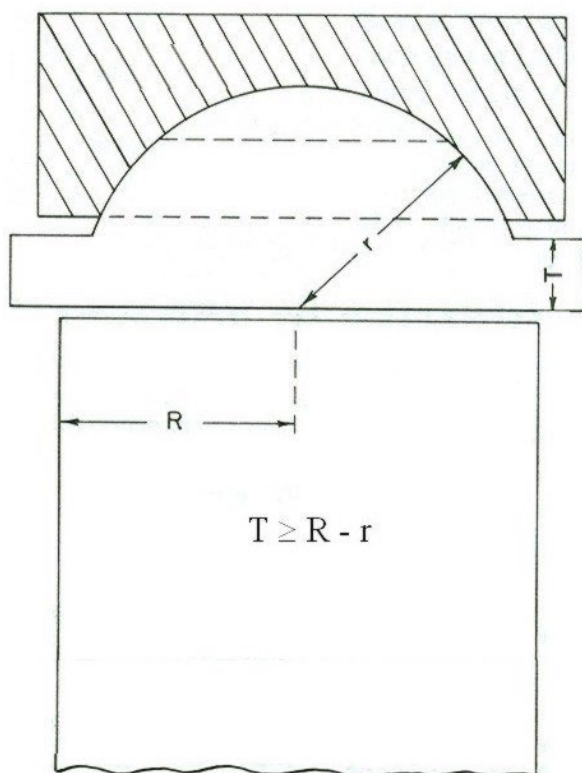
Az MSZ 4715-4:1987 szabványban az szerepelt, hogy a nyomólap síktól való megengedett eltérése 100 mm hosszön legfeljebb 0,02 mm és felületének *Rockwell*-keménysége legalább 55 HRC legyen; a gömbcsuklót alul vagy felül kell elhelyezni; a gömbcsukló középpontja a terhelést közvetítő mozgó elem (dugattyú) tengelyvonalában legyen legfeljebb $\pm 1,0$ mm eltéréssel; a gömbcsukló működéséről minden vizsgálati napon meg kell győződni; a nehezen mozgó gömbcsuklót súrlódáscsökkentő anyaggal kell kezelni. Az MSZ 4715-4:1987 szabvány F2 mellékletében előírták, hogy a próbatest erő irányába eső éle, illetve alkotója méretének és a gömbcsukló sugarának viszonya állandó legyen. Ebben a szabványban azt is leírták, hogy a nyomólapok és próbatest közé helyezhető, a próbatest nyomott felületénél nem kisebb, legalább 10 mm vastag acéllemez-alátétek síktól való eltérése 100 mm hosszön legfeljebb 0,02 mm lehet, és *Rockwell*-keménységük legalább 55 HRC kell legyen.

Az ASTM C 39:1972 szabvány és későbbi változatai a próbahenger nyomószilárdság vizsgálatához felső gömbcsukló használatát írják elő. A gömb középpontja a próbahenger felső véglapjának geometriai középpontjában fekszik. A gömb sugara legalább akkora kell legyen, mint a próbahenger sugarának és a gömbcsukló domború részével egybeépített felső nyomólap vastagságának a különbsége, vagy másképp fogalmazva, az egybeépített felső nyomólap legalább olyan vastag (T) kell legyen, mint a próbahenger sugarának (R) és a gömb sugarának (r) a különbsége. Ha a próbahenger átmérője 152 mm, akkor a gömbcsukló domború részével egybeépített felső nyomólap átmérője legfeljebb 254 mm. A gömbi középkör átmérője 150 mm (20.1.1.7. ábra).

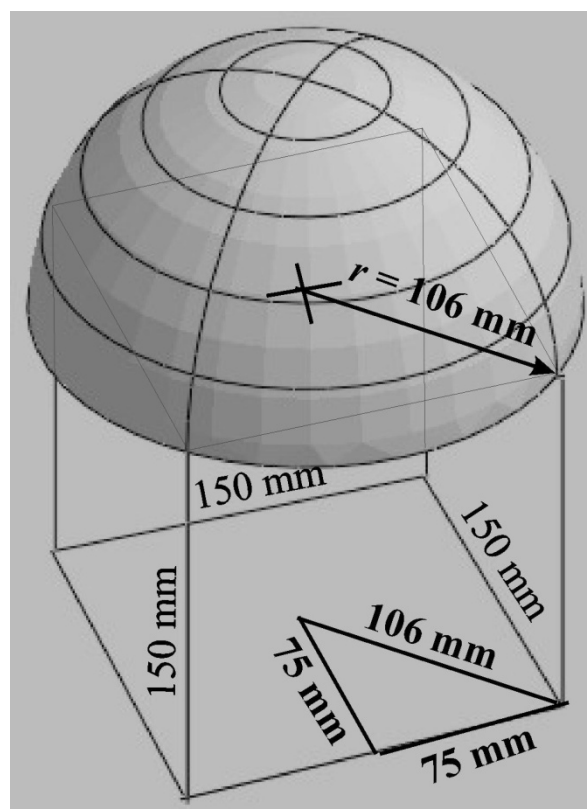
Weiss György (1974) írta, hogy a RILEM a 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdság vizsgálatához $r = 106$ mm sugarú gömbcsukló alkalmazását javasolja. Ez a sugárméret a 150 mm élhosszúságú négyzet átlójának a fele: $r = 150/\sqrt{2} = 106,07$ mm, tehát a RILEM olyan felső gömbcsuklót javasol, amelynek gömbi középköre a 150 mm élhosszúságú próbakocka felső nyomott lapja sarkaihoz illeszkedik. A gömbi középkör átmérője 212 mm (20.1.1.8. ábra). A felső nyomólapot a gömbcsukló domború részének a gömbi középkör feletti részéből alakítják ki. A RILEM javaslata szerinti (20.1.1.8. ábra) és az ASTM C 39:1972 szabvány szerinti (20.1.1.7. ábra) gömbcsukló között lényegében csak méretbeli különbség van.

Dombi József (1979) elméleti megfontolással és kísérletekkel szintén arra a megállapításra jutott, hogy a gömbcsukló működésének hatékonysága a gömbcsukló és a próbatest méretének viszonyától függ. Azt találta, hogy az azonos betonból készített különböző élhosszúságú (40-200 mm) próbakockák nyomószilárdsága gyakorlatilag azonos, ha a próbakocka élhosszúságának és a vizsgálógép gömbcsuklója sugarának a viszonya állandó. Ha azonban a gömbcsukló nem illeszkedik a próbakocka méretéhez, akkor a mért nyomószilárdságok eltérése rendkívül jelentős lehet.

Véleménye azonban – nevezetesen, hogy a gömbcsukló akkor egyenlíti ki legjobban a méret eltérések és pontatlanságok szilárdságcsonkító hatását, ha a sugara egyenlő a próbatest magasságával, és a csukló gömbközepontja a nyomólapon álló próbatest geometriai középpontjába esik – újdonságnak számított. Kísérleteihez a törőgép gyári csuklóját kiszerelte, és sajátkezűleg összezsírozott homorú-domború részekből álló alsó gömbcsuklóit alkalmazta. Javasolta, hogy a gömbcsukló és a nyomólap ne a nyomószilárdság vizsgáló berendezés tartozéka, hanem a vizsgálati próbatest szerves tartozéka legyen. Próbakockákhoz való gömbcsuklójának rajza és gömbcsukló sorozatának fényképei a 20.1.1.9. ábrán láthatók. A 20.1.1.10. ábrán kisméretű próbahengerekhez szerkesztett gömbcsuklóit mutatjuk be.

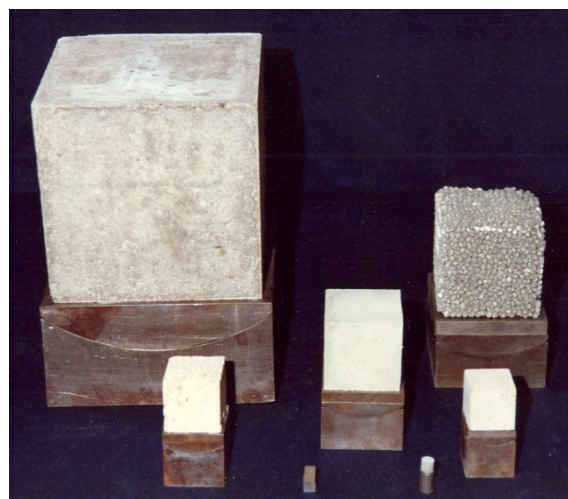
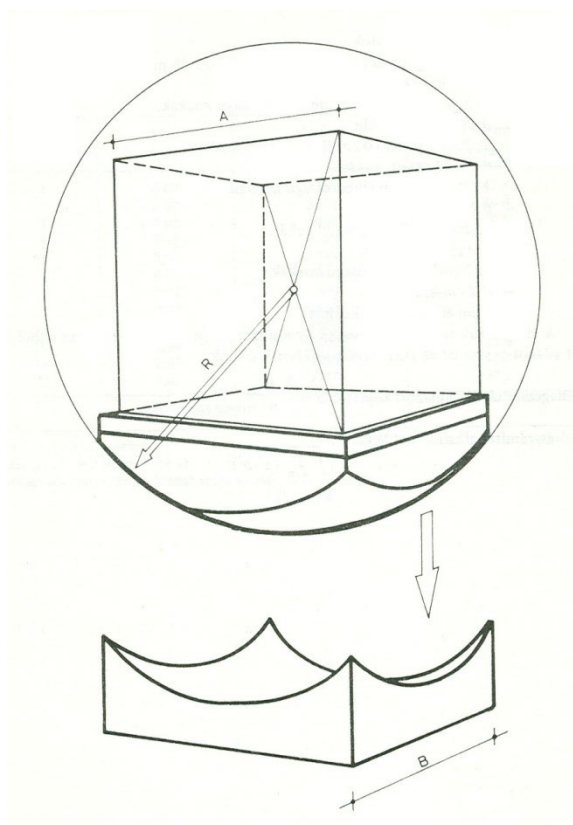


20.1.1.7. ábra: ASTM C 39:1972 szabvány szerinti gömbcsukló szerkesztése a próbahenger nyomószilárdságának vizsgálatához

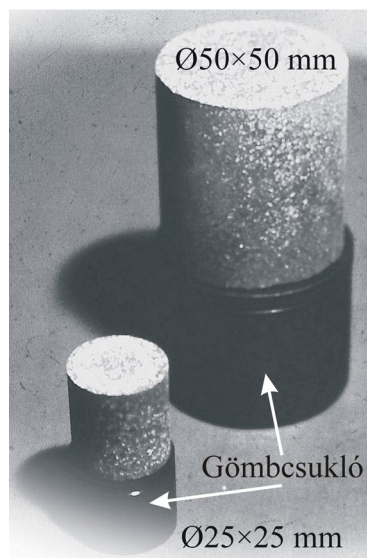


20.1.1.8. ábra: RILEM ajánlás a próbakocka nyomószilárdság-vizsgálati gömbcsukló szerkesztésére

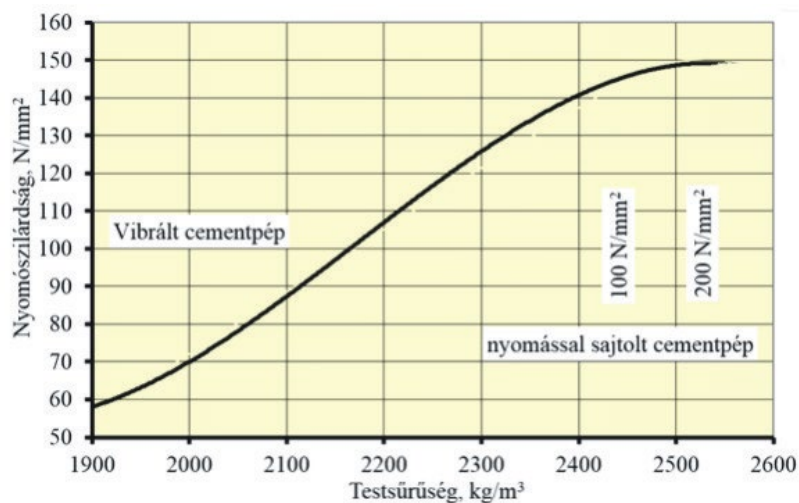
A felső gömbcsukló domború része (a gömb) csak akkor fekszik be a homorú részbe (csészébe), amikor a gömbcsukló domború részén lévő nyomólap ráfekszik a próbatestre. A csészén akkora nyílást alakítanak ki, hogy a csukló gömbjének és felfüggesztő rúdjának mintegy 3 fokok elfordulását lehetővé tegye. A gömbcsukló akkor látja el jól középpontosító szerepét, ha a kis erők, illetve kis nyomatékokra is könnyen elmozdul, ennek érdekében a gömbcsukló összezsírozott felületeinek súrlódását általában grafitos kenőanyaggal csökkentik (Weiss, 1974).



20.1.1.9. ábra: Dombi József gömbcsukló rajza és gömbcsukló sorozatának fényképei (1979)



20.1.1.10. ábra: Dombi-féle gömbcsuklók cementkő és habarcs próbahengerek nyomószilárdság-vizsgálatához



20.1.1.11. ábra: 28 napos korú, Ø25×25 mm méretű cementkő próbahenger nyomószilárdsága a tömörítés, illetve testsűrűség függvényében.

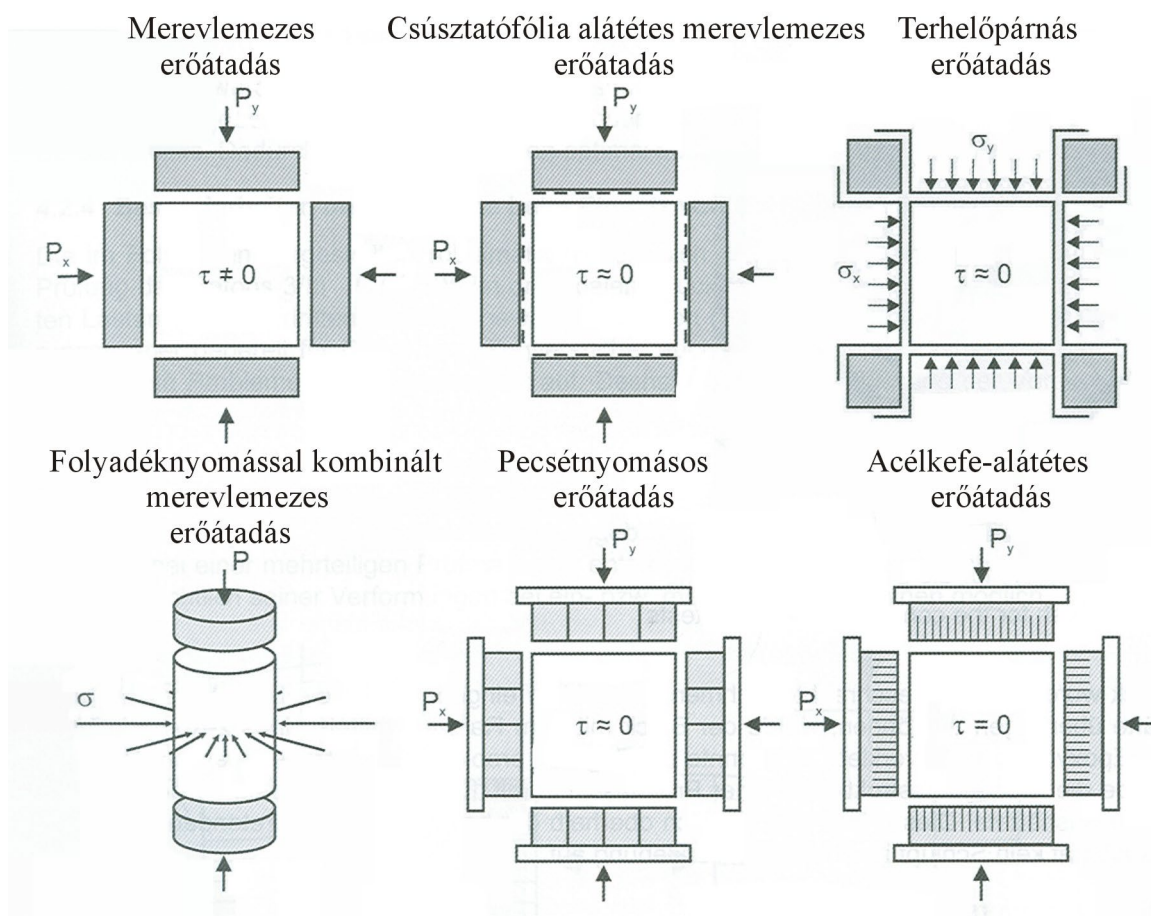
A függvény a 20.1.1.10. ábrán szereplő Ø25×25 mm méretű gömbcsukló alkalmazásával mért nyomószilárdságok alapján készült (Kausay 1998)

Összegezve: Még meg kell írni.

20.1.1.3. A próbatest terhelt felületei tartományának alakváltozása

A nyomószilárdság-vizsgálati próbatest nyomott felülete és a vizsgálóberendezés nyomólapjai vagy az alátétlemezek között fellépő súrlódás kialakulására egyebek mellett a nyomóerő átadásának módja és eszköze jelentős hatással van.

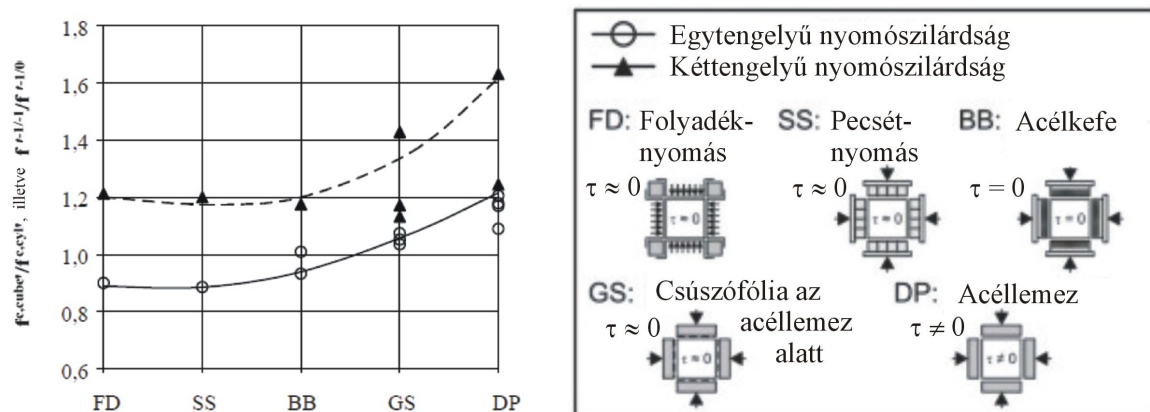
Curbach és szerzőtársai (2011) a nagyszilárdságú betonok többtengelyű nyomószilárdság-vizsgálatáról szólva és Gerstle és szerzőtársai (1978) közleményére hivatkozva, az erőátadás módjának hatféle leginkább alkalmazott változatát különböztetik meg, úgymint a merevlemez, a csúsztatófólia alátétes merevlemez, a terhelőpárnás, a vízszintes folyadéknyomással kombinált merevlemez, a pecsétnyomásos, az acélkefe-alátétes erőátadás módját (20.1.1.12. ábra).



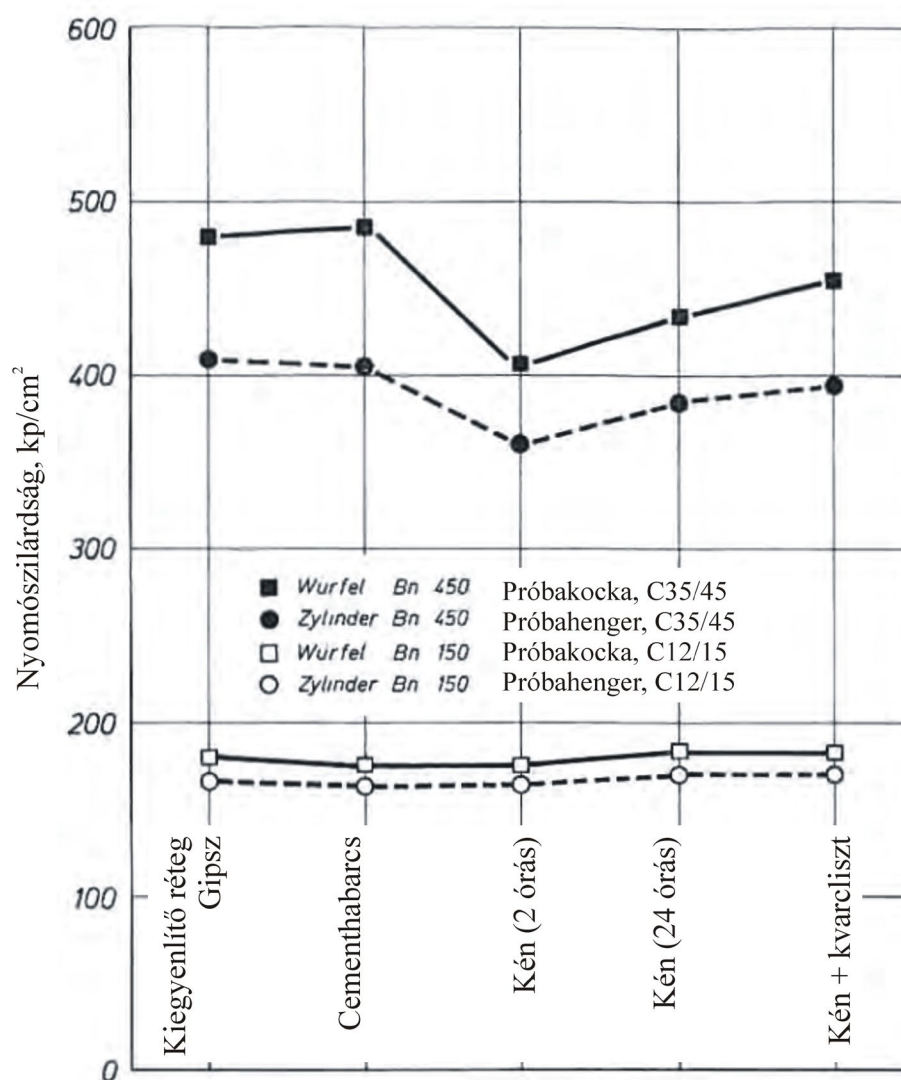
20.1.1.12. ábra: Az erőátadás különböző módjai Gerstle és szerzőtársai (1978), továbbá Curbach és szerzőtársai (2011) szerint

A különböző alátétek hatását a beton egy- és kéttengelyű nyomószilárdságára és a próbatest határfelületi τ nyírószilárdságára Gerstle és szerzőtársai (1978) hasonlították össze (20.1.1.13. ábra).

A 20.1.1.13. ábrán f_c' a többtengelyű vizsgáló berendezéssel meghatározott egytengelyű nyomószilárdság, $f_{c,cyl}$ a hengerszilárdság és f_{cc} a kéttengelyű nyomószilárdság jele.



20.1.1.13. ábra: Különböző alátétek hatása a beton $f_c'/f_{c,cyl}$ egytengelyű, illetve $f_{ct}/f_{ct'}$ kéttengelyű viszonyított nyomószilárdságára és a próbatest határfelületi τ nyírószilárdságára Gerstle és szerzőtársai (1978) szerint (Hampel, 2006), (Scheerer, 2009)



20.1.1.14. ábra: Különböző anyagú kiegyenlítő rétegek hatása a beton átlagos nyomószilárdságára (Dahms et al., 1975)

Dahms és szerzőtársai (1975) Bn 150 (mai C12/15, mért átlagértéke $f_{cm,cyl,test} = 16,7 \text{ N/mm}^2$ és $f_{cm,cube,test} = 17,9 \text{ N/mm}^2$) és Bn 450 (mai C35/45, mért átlagértéke $f_{cm,cyl,test} = 39,0 \text{ N/mm}^2$ és $f_{cm,cube,test} = 45,8 \text{ N/mm}^2$) nyomószilárdsági osztályú $\emptyset 150 \times 300 \text{ mm}$ méretű próbahengerekkel és 200 mm élhosszúságú próbakockákkal kísérleteztek, amelyek nyomott felületét csiszolta,

cementhabarccsal, gipszpéppel, kénnel vagy kénhabarccsal vonta be. Megállapította, hogy a nagyobb szilárdságok tartományában minél vastagabb volt gipsz és a kénhabarcs felületkiegyenlítő réteg és minél egyenetlenebb a próbatest felülete, annál kisebb nyomószilárdság adódott; kisebb mértékben a próbahengerek esetén és nagyobb mértékben a próbakockák esetén. A különböző anyagú kiegyenlítő rétegek hatása a nyomószilárdságra a 20.1.1.14. ábrán látható.

Lewandowski (1970) hivatkozással Rüsch (1954) tanulmányára és a DIN 1048:1957 szabványra, megállapította, hogy a vizsgálóberendezés nyomólapjainak kialakítása hatással van a próbatestek alakváltozására. Az erősen képlékeny nyomólapok alakváltozása az erő hatására jelentős, és ezért kevésbé akadályozzák a próbatestek keresztirányú alakváltozását mint a merev nyomólapok. Hasonló hatása van annak, ha a nyomólapok és a próbatest közötti súrlódást a próbatestek felület-kialakításával csökkentjük.

Weigler et al (1966) szerint a fűrásmagból kivágott próbahengerek nyomószilárdsága a felület-kialakítás módjától függően akár 30%-kal is csökkenhet.

Henzel és szerzőtársai (1967) kísérletekkel azt tapasztalták, hogy a 100 mm élhosszúságú, 12 N/mm², 25 N/mm², 45 N/mm² nyomószilárdságú sík felületű próbakockák nyomószilárdságához képest a csiszolt felületű próbakockák nyomószilárdsága rendre 89%, 93%, 105%, az ASTM C 39/C39M:2018 szabványnak megfelelő kénhabarccsal felületű próbakockáké rendre 110%, 104%, 107%, a cementhabarccsal felületű próbakockáké rendre 99%, 94%, 94%. Megjegyzendő, hogy Henzel idején a próbatesteket nem a mai csiszolási technológiával csiszolták.

A nyomószilárdság vizsgálat során ébredő tapadási súrlódási erő (F_{tap}) az összeszorított próbatest felülete mentén ható erő, amely a nyomóerő ($F_{\text{nyomó}}$) által alátétlemezek (nyomólapok) közé szorított próbatestnek a nyomóerőre merőleges elmozdulása ellen hat. A tapadási súrlódási erő és a testeket felületükön egymáshoz szorító nyomóerő hányadosa a tapadási súrlódási tényező ($\mu_{\text{ts}} = F_{\text{tap}}/F_{\text{nyomó}}$), amelynek nagysága a testek anyagától és felületi megmunkálásától, állapotától függ, de a testek felületének nagyságától független.

A nyomószilárdságot és próbatest törésképét a próbatest és az acél-alátétlemezek közötti tapadási súrlódás is befolyásolja. A nyomóerő hatására a próbatest térbeli alakváltozást szenved. A nyomott próbatest az erőhatás irányával azonos irányban összenyomódik, az arra merőleges irányban pedig nyúlni kíván. Ezt az alakváltozást a nyomott felületeken fellépő aktív tapadási súrlódási erő gátolni igyekszik. Normál módon végzett nyomószilárdság-vizsgáltnál az aktív súrlódási erő nagysága mindig akkora, hogy az a pillanatnyi nyomóerő ébresztette és a véglap síkjába eső alakváltozást optimálisan akadályozza. Természetesen a véglap alakváltozását gátló aktív súrlódási erő épp az alakváltozás következtében bontakozik ki. Az alakváltozásban nem gátolt nyomott próbatest a támadóerő irányára merőleges irányba eső eltolódása a test középvonala mentén – hasonlóan a normál vizsgálathoz – zérus, attól eltávolodva pedig számottevően növekszik.

Mivel a súrlódási munka arányos az alakváltozási munkával, az aktív súrlódási erő a test középvonala és a nyomott felület dőfspontjában zérus, attól eltávolodva pedig szintén számottevően növekszik. A próbatestre annak középvonalában csak a nyomóerőből származó és normális irányú erő hat. A középvonaltól eltávolodva azonban a testre ható és a test középvonalát magába foglaló síkban fekvő támadóerő – amelynek normális irányú komponense konstans, és az arra merőleges irányú komponense az egyre növekvő aktív súrlódási erő – nagysága növekszik, és iránya egyre jobban eltér a normális irányától.

A próbatestben a nyomótrajektóriák ennek megfelelően a középpontban egyenessé zsugorodott

és zérus görbületű, a középponttól eltávolodva növekvő hajlású egy-köpenyű forgási hiperboloidot alkotnak. A szélső trajektóriák és a nyomólapokra merőleges felületek által határolt testrészen aktív erőjáték nincs, a testrészt közvetlenül alakváltozást nem szenved, de akadályozza a szélső trajektóriák mentén fellépő alakváltozások kibontakozását. Ennek következtében itt keletkeznek a legnagyobb nyírófeszültségek, amelyek hatására az úgy nevezett csúszótörés bekövetkezik (20.1.1.15. ábra).

Ha az elasztoplasztikus acél nyomólapok és az elasztoviszkózus beton próbatest között fellépő tapadási súrlódást, azaz a külső erő normálisra merőleges komponensét például Föppl³³⁴ (1900), Gehlert (1928) követve sztearin (stearin)³³⁵ kenőanyaggal minimálisra csökkentjük – miáltal a testek egymástól való távolsága kissé megnövekszik – akkor a kenőanyagréteg csúszólapként működik és a nyomótrajektóriák gyakorlatilag hengert alkotnak. Ezekhez a hengerfelületekhez már nem nyírófeszültségek, hanem a nyomóerő következtében kihajolni kívánó elemi szálakra merőleges irányú húzófeszültségek tartoznak, amelyek kritikus értéke a próbatest úgy nevezett szakadótörését okozza (20.1.1.16. ábra). A szakadótörés kritikus húzófeszültsége lényegesen kisebb nyomóerő hatására jön létre, mint amekkora nyomóerő a csúszótörés kritikus nyírófeszültségének kialakulásához szükséges (Palotás – Balázs 1980).

Gehler próbakockákkal végzett kísérleteiből azt a következtetést vonta le, hogy sztearinnal bekent nyomólapok esetén a kockaszilárdság a szokványos értéknek kerekén 50%-ára esett vissza (Palotás et. al, 1980).

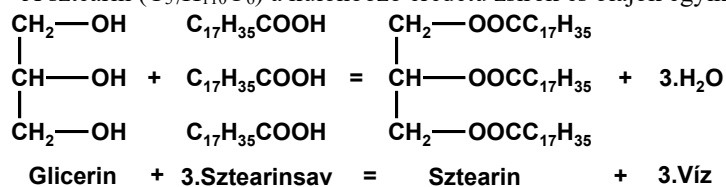
Kísérleteink szerint (Kausay 1967) a sztearinnal bevont felületű nyomólapok (alátétlemezek) esetén például a zúzottkőbeton nyomószilárdsága a szabványos felületű nyomólapok alkalmazásával meghatározott nyomószilárdságának a 65%-ára is leeshet (20.1.1.17. ábra).

Palotás és Balázs professzorok 1974 előtt 600-as (mai CEM I 42,5 N jelű) portlandcementtel, 24 mm legnagyobb szemnagyságú homokos kavics adalékanyaggal, kissé képlékeny konzisztenciával készített 200 mm élhosszúságú próbakockákkal kísérleteztek, és

³³⁴ August Föppl (1854, Groß-Umstadt – 1924, Ammerland) okl. mérnök, a mechanika tudósa, főiskolai tanár, akadémikus volt. Tanulmányait a darmstadti Politechnikumban (Polytechnische Schule Darmstadt) és a karlsruhei Műszaki Főiskolán (TH Karlsruhe) folytatta, mérnöki oklevelet az utóbbin 1874-ben szerzett. Doktori értekezése (1880) a keretrendszerek és a boltívek elméletéről szolt. 1894-1922 között a müncheni kir. Műszaki Főiskola (Königl. Technische Hochschule München) tanszékvezetője volt és 1924-ig a főiskola mechanikai laboratóriumát is vezette. Föppl 1909-ben a Bajor Tudományos Akadémia (Bayerische Akademie der Wissenschaften) tagja lett. A Münchener Műszaki Egyetem (Technische Universität München) az elhivatott oktatók kitüntetésére 2002-ben Föppl-érmet alapított.

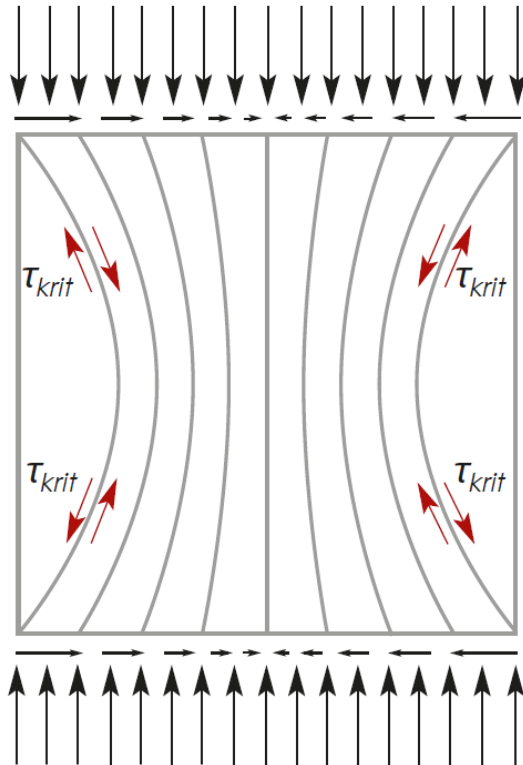
Föppl volt az első, aki felismerte, hogy a beton és habarcs nyomószilárdság vizsgálata során a terhelésátadó acéllap-alátét a próbatest terhelésből adódó közvetlen feszültségi állapotát – azáltal, hogy a próbatest és acéllap-alátét érintkezési felületén a terhelés növekedésével egyre növekvő súrlódás folytán e határfelületi tartományban a próbatest alakváltozását akadályozza – megzavarja; és ez a hatás például sztearin-kenéssel csökkenthető, miáltal a nyomószilárdság közel a felére (habarcs próbatest esetén az eredeti nyomószilárdság 54-61%-ára) leeshet (DAfStb-Heft 173:1965).

³³⁵ A sztearin (C₅₇H₁₁₀O₆) a különböző eredetű zsírok és olajok egyik fő elegy-összetevője.

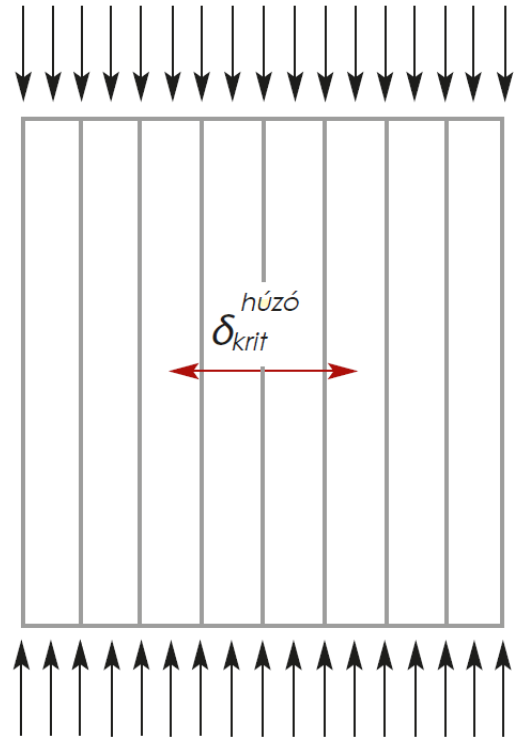


A sztearin egy molekula glicerín (C₃H₈O₃) és három molekula sztearinsav 3×(C₁₈H₃₆O₂) alkotta vegyület. Ezért nevezik trisztearinnak, glicerín-észternek vagy sztearinsavas glicerinnak is (Márkus, 1940).

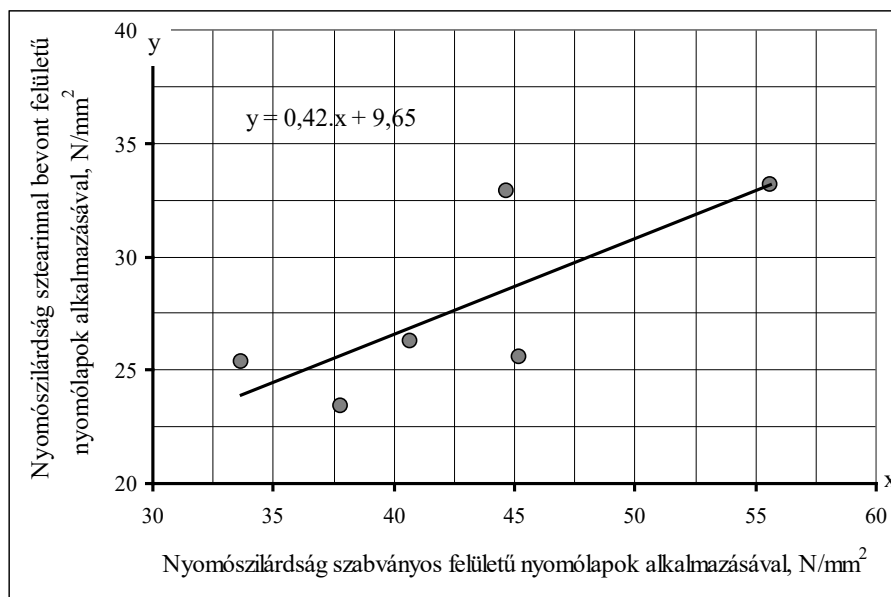
megállapították, hogy 1 mm vastag karton, illetve 1 mm vastag gumiréteg alátét alkalmazása során a nyomószilárdság az alátét alkalmazása nélkül kapott vizsgálati eredménynek 95,4%-a, illetve 65,5% volt (Palotás et al., 1980; 3.42.1. szakasz).



20.1.1.15. ábra: Csúszótörés
(Kausay, 1967), (Kausay et al., 2018)



20.1.1.16. ábra: Szakadótörés
(Kausay, 1967), (Kausay et al., 2018)



20.1.1.17. ábra: Zúzottkőbeton nyomószilárdsága szabványos és sztearinnal bevont felületű nyomólapok (alátétlemezek) alkalmazásával (Kausay, 1967)

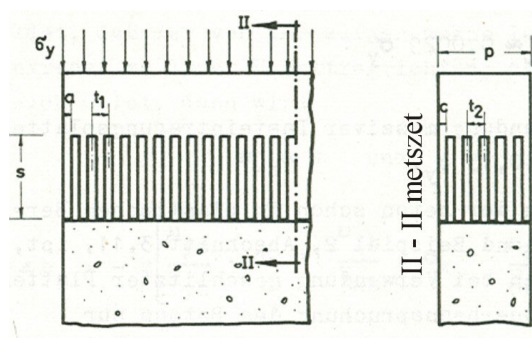
Hilsdorf (1965) a DAfStb Heft 173:1965 kiadványban arról számolt be, hogy a Münchener Műszaki Főiskola Építésügyi Anyagvizsgáló Intézetében (Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München) B 225 (mai C1) nyomószilárdsági osztályú

betonnal egy- és kéttengelyű igénybevétellel betonszilárdság kísérleteket végzett, és a nyomószilárdság vizsgálat során a tiszta egy- és kéttengelyű feszültségi állapot előállításának nehézségét a nyomott próbatest és a terhelésátadó elem érintkezési felületén ébredő – a próbatest terhelt peremfelületi alakváltozását akadályozó – súrlódásban látta, amelynek csökkentésére nem csak teflon-réteggel kísérletezett, hanem terhelésátadó, úgy nevezett acélkefe-alátétet is kifejlesztett és alkalmazott.

A teflonos kísérlet során *Hilsdorf* 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas betonhasáb (tárca) nyomószilárdságát vizsgálta úgy, hogy a nyomógép nyomólapja és a betonhasáb közé a hasábok egyik csoportja esetén felületi kezelés nélküli acéllap-alátétet, másik csoportja esetén kemény-krómozású acéllap-alátétet és 2 mm vastag, kereskedelmi minőségű – 300 kp/cm² nyomószilárdságú, mintegy 4000 kp/cm² rugalmassági modulusú – teflon-réteget iktatott be. Azt tapasztalta, hogy a teflon-réteg lecsökkentette a nyomólap és a próbatest közötti súrlódást, aminek következtében a teflon-réteg közbeiktatásával vizsgált betonhasábok átlagos nyomószilárdsága 141 kp/cm² értékre adódott, míg a szokványos acéllap-alátéttel vizsgált betonhasáboké 179 kp/cm² volt. Az előbbi eredmény az utóbbinak $100 \times 141 / 179 = 78,8\%$ -a (DAfStb Heft 173:1965).

A nyomószilárdság vizsgálatához kialakított, a DAfStb Heft 173:1965 kiadvány 5.1 fejezetében ismertetett *Hilsdorf*-féle acélkefe-alátét hossz- és keresztirányban 23 mm mélyen bemetszett acéllemez. Az acéllemez bemetszésével kellőképpen rugalmas fogak keletkeznek, amelyek a nyomóerőnek a betonpróbatestre továbbításához kellően merevek, ugyanakkor a végeik a súrlódási erő hatására elmozdulhatnak. Az acélkefe-alátétet a beton nyomószilárdsági osztályától függően kell kialakítani, mert növekvő törőszilárdsághoz csökkenő törési alakváltozások tartoznak, ezért a nagyobb szilárdságú betonok vizsgálatához kevésbé karcsú és kihajlásnak jobban ellenálló fogazatú acélkefe-alátétekre van szükség.

A *Hilsdorf*-féle nyomószilárdság-vizsgálati terhelésátadó acélkefe-alátét vázlatos rajza a 20.1.1.18. ábrán, az egyirányú nyomószilárdság vizsgálat elrendezése acélkefe-alátéttel és acéllap-alátéttel a 20.1.1.19. ábrán látható.



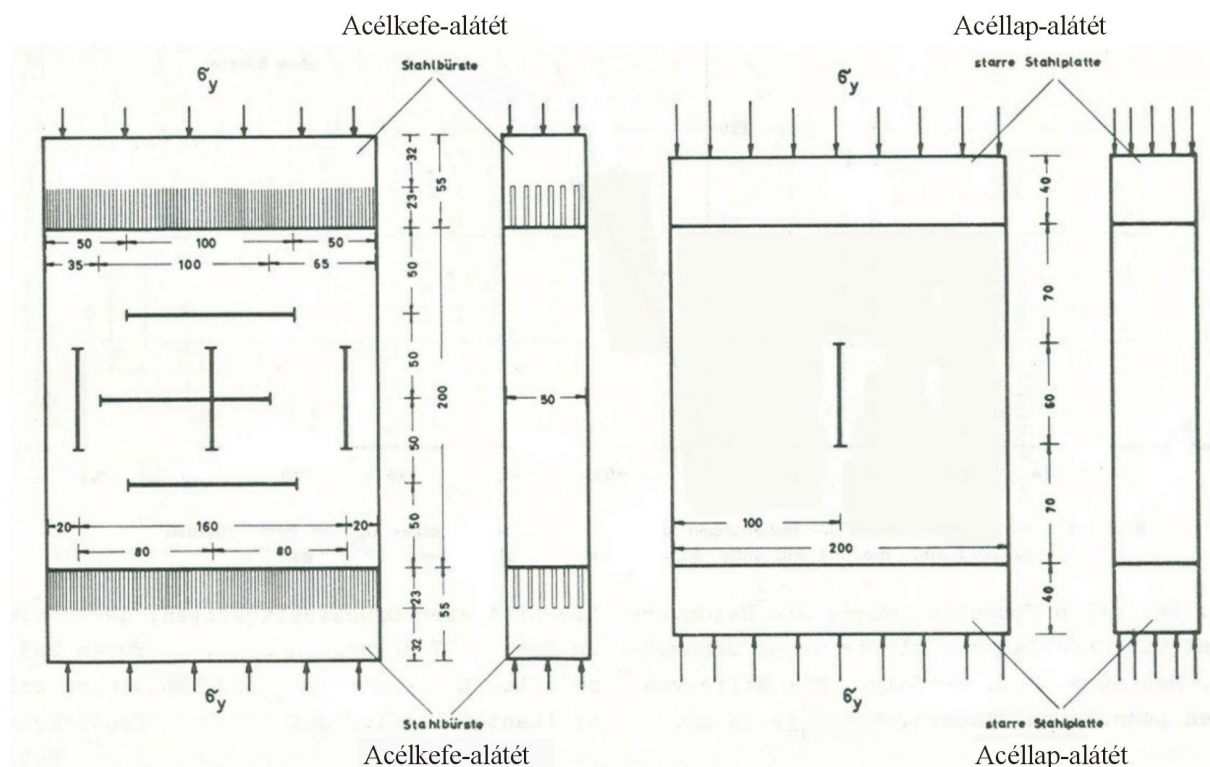
Jelmagyarázat:

- $t_1 = 1,0$ mm, a fogak egymástól való tengelytávolsága a betonpróbatest szélességének irányában
- $t_2 = 3,15$ mm, a fogak egymástól való tengelytávolsága a betonpróbatest vastagságának irányában
- $s = 23,0$ mm, a fogak hossza
- $a = 0,9$ mm, $c = 2,85$ mm, a fogak vastagsága
- $p = 50$ mm, az acélkefe-alátét vastagsága

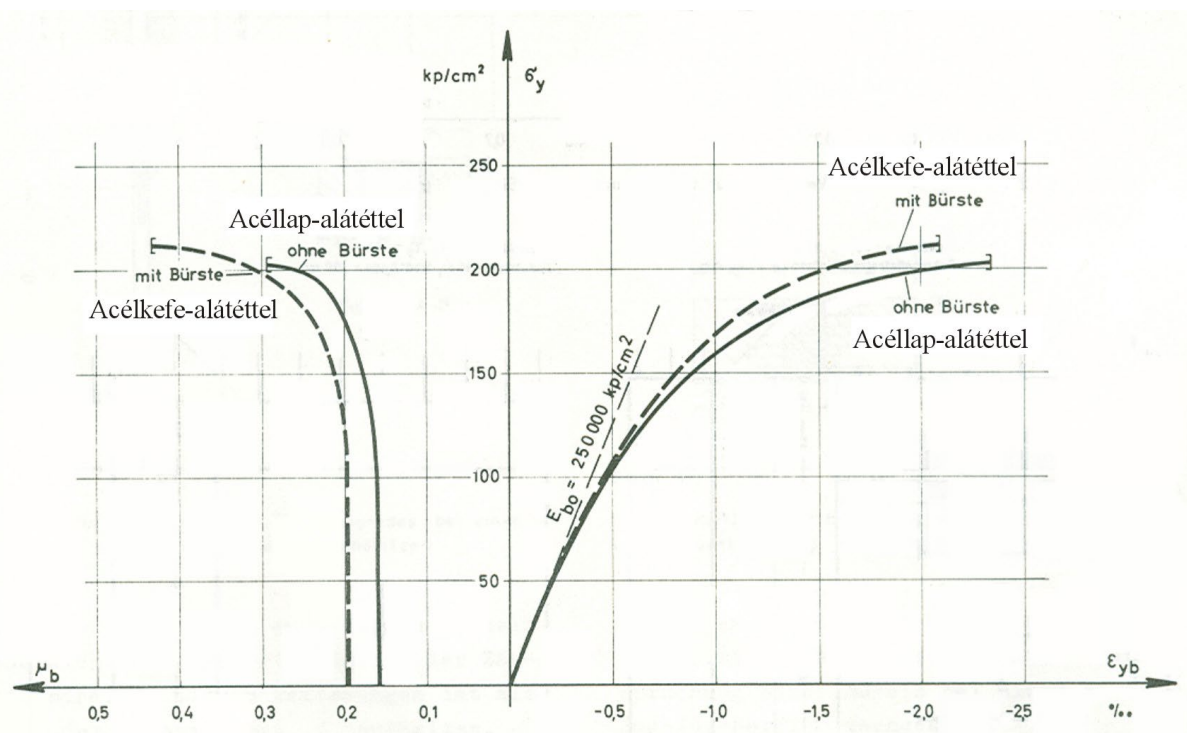
20.1.1.18. ábra: *Hilsdorf*-féle terhelésátadó acélkefe-alátét 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas betonhasáb (tárca) egytengelyű nyomószilárdság vizsgálatához (DAfStb Heft 173:1965)

A kísérlet során három darab – 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas, 250 kg/m³ Z 275 jelű (a mai CEM 32,5 jelűnek megfelelő) cementet tartalmazó, 0,86 víz-cement tényezővel készített, képlékeny konzisztenciájú, körlyukú szitán mért 30 mm (négyzetlyukú szitán értve 24 mm) legnagyobb szemnagyságú – betonhasáb nyomószilárdságát egytengelyű igénybevétellel acélkefe-alátét, három darab ugyanilyen méretű és összetételű betonhasábát pedig összehasonlításképpen 50 mm vastag acéllap-alátét alkalmazásával mérték. A betonhasábokat (társkákat) 200 mm élhosszúságú betonkockából vágta ki. Vizsgálat közben a próbahasábok

terhelésirányú hosszváltozását 60 mm hosszú nyúlásmérő bélyegekkel, keresztirányú hosszváltozását 100 mm hosszon induktív elmozdulásmérővel határozták meg, és felvették a hosszirányú σ_y - ϵ_{yb} görbét és a keresztirányú σ_y - μ_b görbét (20.1.1.20. ábra). A σ_y - ϵ_{yb} és a σ_y - μ_b görbéket elemezve *Hilsdorf* megállapította, hogy a terhelésátadó elem fajtája a nyomószilárdságot lényegesen nem, és az E_{b0} kezdeti rugalmassági modulust még annyira sem befolyásolta. Észrevehető különbség a keresztirányú alakváltozásokban jelentkezett, ugyanis az acéllap-alátét kisebb keresztirányú megnyúlásokat tett lehetővé, mint és a súrlódásmentes acélkefe-alátét, amellyel mért $\mu_b = 0,195$ érték tekintendő a beton tényleges fajlagos keresztirányú hosszváltozásának (DAfStb Heft 173:1965 kiadvány 6.4 fejezete).



20.1.1.19. ábra: Egyirányú nyomószilárdság vizsgálat elrendezése *Hilsdorf*-féle acélkefe-alátét és acéllap-alátét alkalmazásával (DAfStb Heft 173:1965)

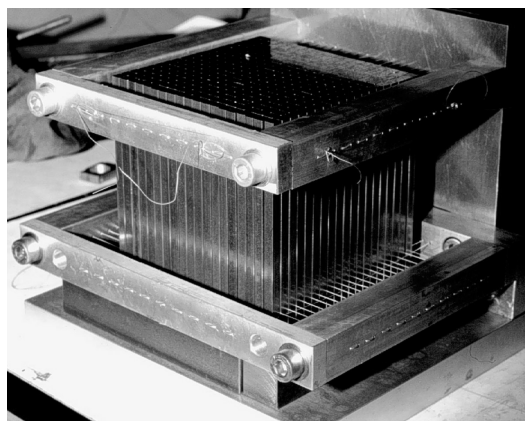
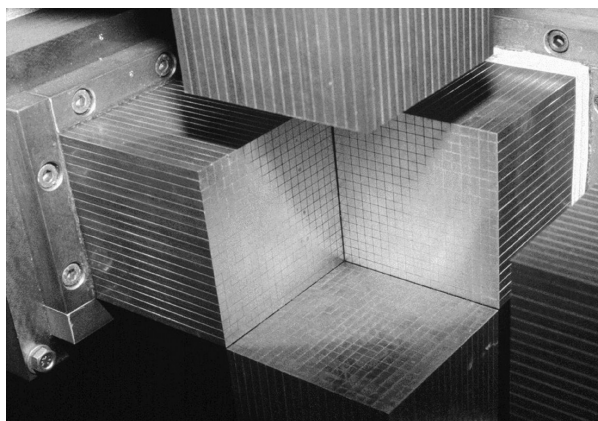


20.1.1.20. ábra: Betonhasábok *Hilsdorf*-féle acélkefe-alátét, illetve acéllap-alátét alkalmazásával felvett nyomószilárdság-vizsgálati hosszirányú σ_y - ϵ_{yb} és a keresztirányú σ_y - μ_b görbéinek átlag-görbéje (DAfStb Heft 173:1965)

A közelmúltban mások, például *Kupfer* (1973), *Gerstle* és szerzőtársai (1978), *Chen* (1984), *Hussein* és szerzőtársai (1998) után *Hampel* (2006) végzett acélkefe-alátét alkalmazásával kísérleteket, amelyek célja az egy-, két- és háromtengelyű igénybevétellel terhelt nagyszilárdságú betonok (C55/67, C70/85, C90/105) viselkedésének elemzése volt. *Hampel* a kísérleteket doktori értekezéséhez a Drezdai Műszaki Egyetemen (Technische Universität Dresden) 100 mm élhosszúságú próbakockákkal, Ø150×300 mm méretű próbahengerekkel, 200 mm élhosszúságú próbakockákból vízszintesen és 900×55×300 mm méretű betontömbökből függőlegesen kivágott és szükség esetén (készítéskor simított felületek, nyúlásmérő bélyegekkkel ellátott felületek) csiszolt 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas próbahasábokkal végezte.

A *Hampel*-féle acélkefe-alátétek nagyszilárdságú csavarral alaplemezre erősített 5×5 mm keresztmetszeti méretű fogakból álltak, amelyek anyaga mintegy 800 N/mm² folyáshatárú króm-molibdén-acél ötvözet volt (20.1.1.21. ábra).

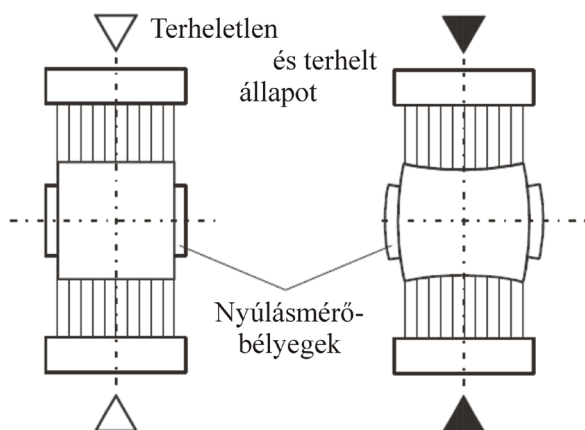
Kísérleti eredményei alapján *Hampel* (2006) arra jutott, hogy az acélkefe-alátéttel 200×50×200 mm méretű próbahasábokon meghatározott f_c' egytengelyű nyomószilárdság és az acéllap-alátéttel Ø150×300 mm méretű próbahengereken meghatározott $f_{c,cyl}$ egytengelyű nyomószilárdság hányadosa $f_c'/f_{c,cyl} = 0,92$. A mért egyes f_{ci}' értékek 46,1 – 94,2 N/mm², a mért egyes $f_{ci,cyl}$ értékek 54,7 – 96,1 N/mm² közé estek, átlaguk $f_{cm}' = 71,9$ N/mm², illetve $f_{cm,cyl} = 78,3$ N/mm² volt.



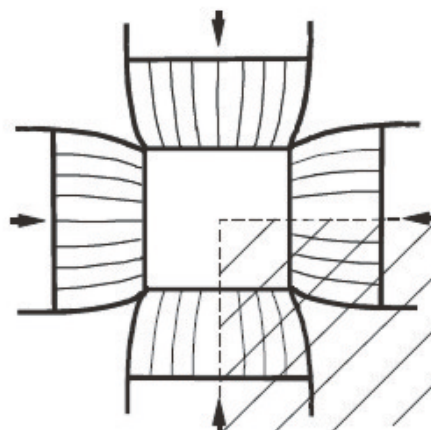
20.1.1.21. ábra: Hampel-féle acélkefe-alátétek (Hampel, 2006)

Hampel egyebek mellett megállapította, hogy

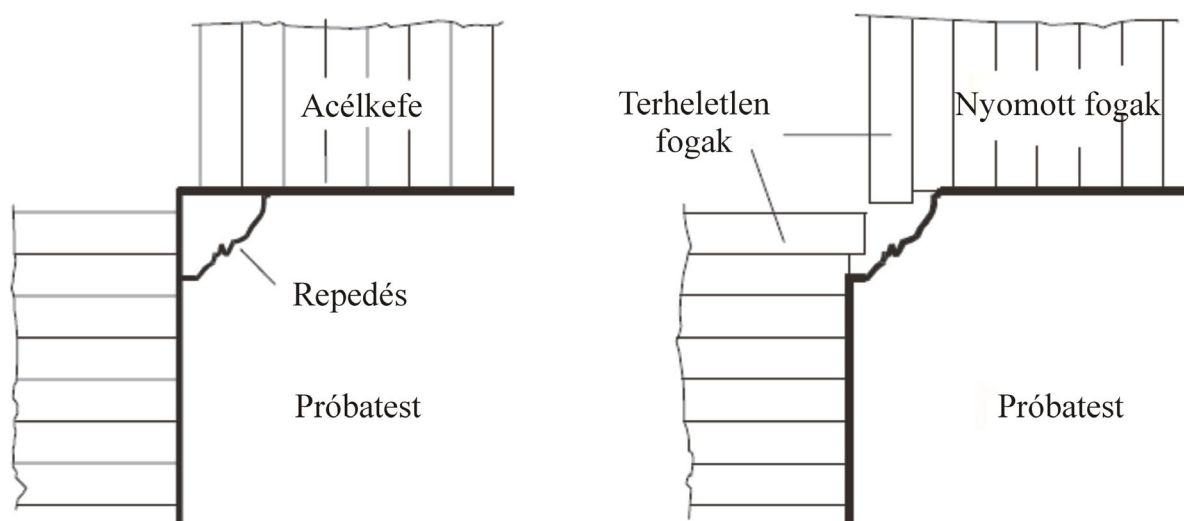
- az alátét és a próbatest felülete közötti súrlódás csökkentése az egy- és kéttengelyű szilárdság csökkenésével jár;
- szilárdságot többtengelyű igénybevétel esetén a peremfelületi súrlódás csökkentése mellett kell meghatározni;
- az acél-kefe fogainak merevségét a beton nyomószilárdsági osztályához kell igazítani;
- az acélkefe-alátét alkalmazása növeli a szilárdságok szórását;
- terheléskor az acél-kefe szélső fogai egyrészt a beljebb lévőknél kisebb terhelést közvetítenek a próbatestre, ezért a próbatest nyomott oldala homorú alakú lesz (20.1.1.22. ábra), másrészt a beljebb lévőknél a nagyobb súrlódási erők folytán ferdebben állnak (20.1.1.23. ábra), és emiatt alattuk a próbatestben nagy keresztirányú húzófeszültségek ébrednek, a próbatest élei letörnek, a szélső fogak pedig terheletlenné válnak (20.1.1.26. ábra).



20.1.1.22. ábra: Acélkefe-alátéttel terhelt próbatest alakváltozása (Hampel, 2006)

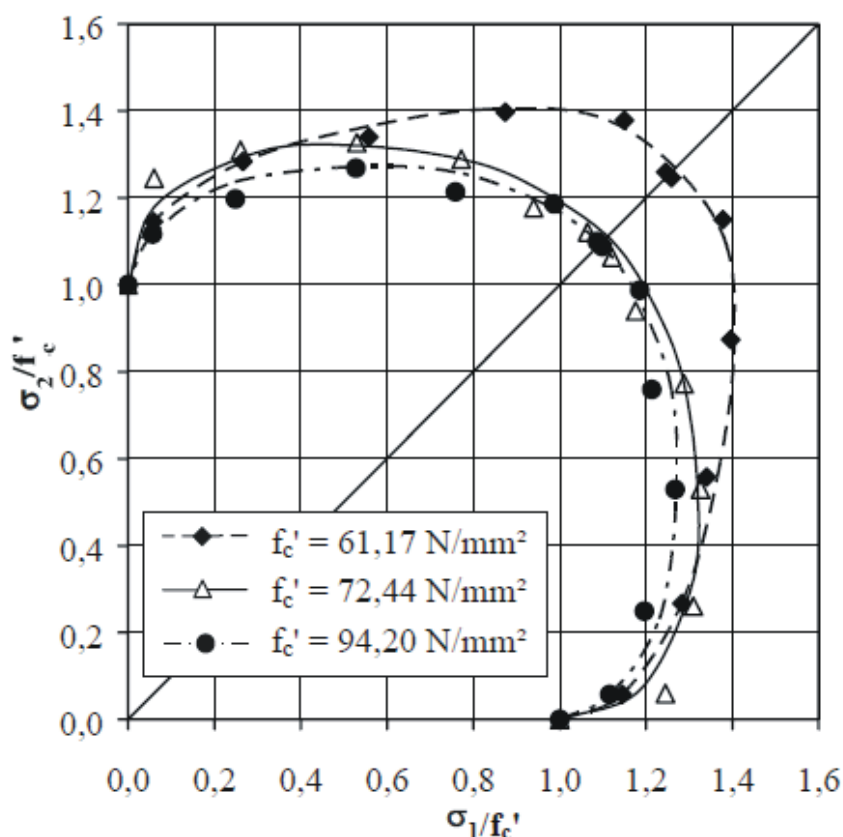


20.1.1.23. ábra: Terhelt acélkefe-alátét alakváltozása többtengelyű igénybevétel esetén (Hampel, 2006)

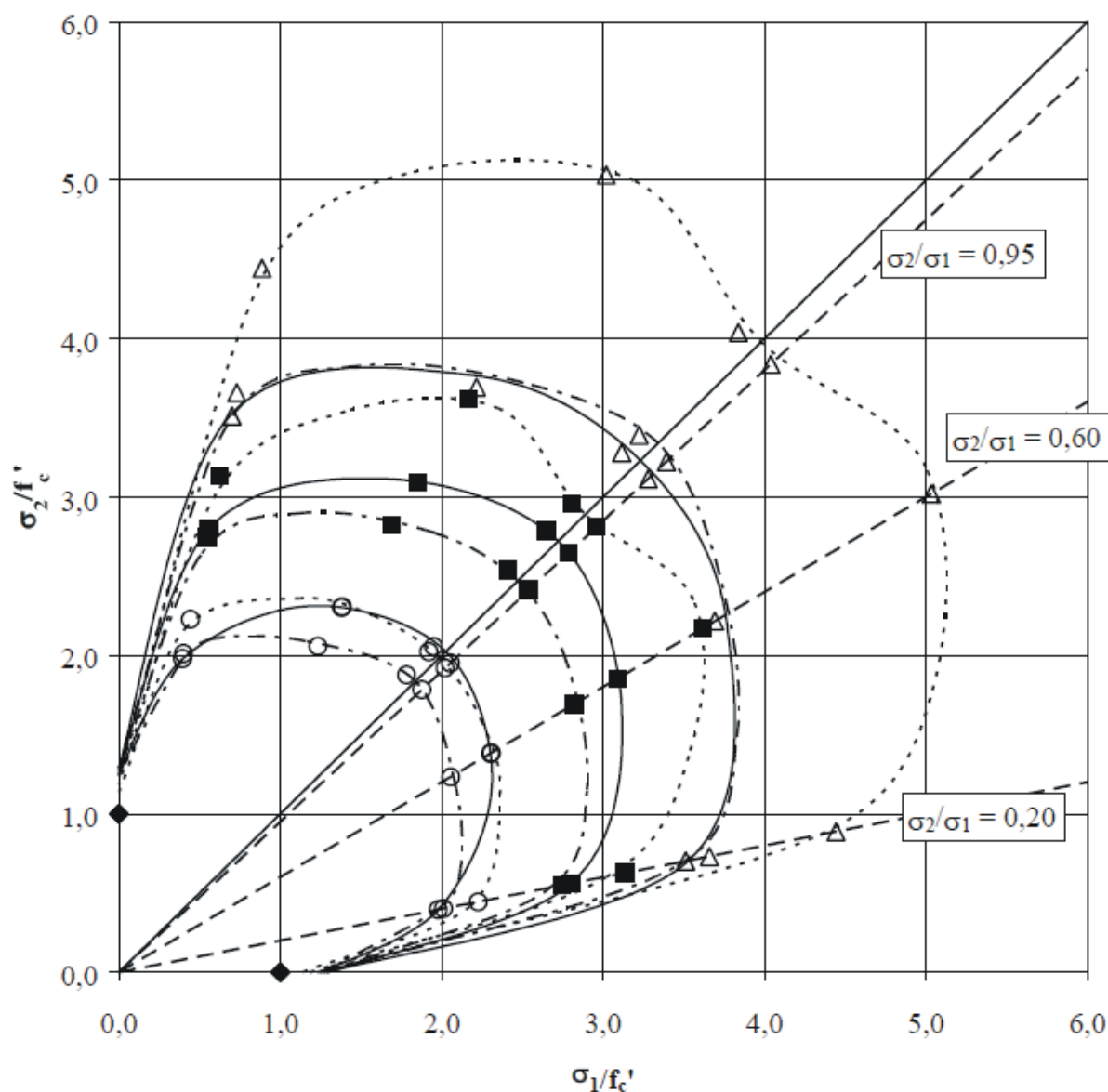


20.1.1.24. ábra: Próbatestélek letörésének hatása az acélkefe-alátétek terhelésére többtengelyű igénybevétel esetén (Hampel, 2006)

Hampel (2006) acélkefe-alátét alkalmazásával nagyszilárdságú betonokon (C55/67, C70/85, C90/105) végzett kísérletei a kéttengelyű terheléssel kapott 20.1.1.25. ábra szerinti törési határgörbék és a háromtengelyű terheléssel kapott 20.1.1.26 ábra szerinti törési határgörbék eredményezték. Az ábrákon a σ_1 feszültség függőleges irányú vektor, a σ_2 és a σ_3 feszültség vízszintes irányú vektor.



20.1.1.25. ábra: Nagyszilárdságú betonok kéttengelyű igénybevétellel ébresztett kéttengelyű feszültségi állapotának acélkefe-alátétek alkalmazásával meghatározott törési határgörbéi (Hampel, 2006)



Sp.V.:

- ◆ $\sigma_3 = 0$
- $\sigma_3 = 0,05 \sigma_1$
- $\sigma_3 = 0,10 \sigma_1$
- △ $\sigma_3 = 0,15 \sigma_1$

Beton:

- $f_c' = 46,09 \text{ N/mm}^2$ (Beton 1/III)
- $f_c' = 72,73 \text{ N/mm}^2$ (Beton 2/III)
- · - · - $f_c' = 83,44 \text{ N/mm}^2$ (Beton 3/III)

20.1.1.26. ábra: Nagyszilárdságú betonok háromtengelyű igénybevétellel ébresztett háromtengelyű feszültségi állapotának acélkefe-alátétek alkalmazásával meghatározott törési határgörbéi (Hampel, 2006)

Az ASTM C 39/C39M:2018 szabvány szerint vizsgált Ø150×300 mm méretű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek mindkét nyomott felületét például mintegy 200-250 °C hőmérsékletű kénhabarcs sapkával látják el (20.1.1.27. ábra), az ASTM C 1231/C1231M:2015 szabvány

szerint pedig kötés nélkül neoprén alátét elasztomer- vagy fémpapucsot helyeznek a próbahengerek alsó és felső nyomott felületére (20.1.1.28. ábra).

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A4. fejezete szerint a kénhabarcs 50 tömeg% kénből és 50 tömeg% 0,125-0,250 mm közötti szemnagyságú kvarchomokból álljon, amelyhez legfeljebb 2 tömeg% kormot szabad hozzáadni. A kénhabarcsozást forma segítségével kell végezni, amelyet használatbavétel előtt leválasztó ásványolajjal kell kikenni. A kénhabarcs réteg ne legyen 5 mm-nél vastagabb. A próbatestet függőlegesen a forró kénhabarcsot tartalmazó kénhabarcsozó formába kell állítani, majd miután a kénhabarcs lehűlt és megszilárdult, a műveletet a próbatest másik véglapjával is el kell végezni (20.1.1.27. ábra). A kénhabarcsozott felületek párhuzamosságát habarcszókerettel kell biztosítani. A nyomószilárdság vizsgálatot a kénhabarcsozás befejezése után leghamarabb 30 perc múlva szabad elvégezni. A visszavont MSZ EN 13791:2007 szabvány A.3.4. szakasza szerint a vékony, és nagyszilárdságú cement- vagy kénhabarcs kiegyenlítőréteg nincs jelentős hatással a nyomószilárdságra.

Az ASTM C 1231/C1231M:2015 szabvány az ASTM C 192/C192M:2016a szabvány szerint laboratóriumban készített és szilárdult, az ASTM C 39/C39M:2018 szabvány szerint vizsgált beton próbahengerek nyomott felületének nyomószilárdság vizsgálat előtti, elasztomer- vagy fémpapucsos előkészítésével foglalkozik. Az eljárás szerint a próbahengerek nyomott véglapjaira kötés nélkül elasztomer- vagy fémpapucsot tesznek, amelybe előzőleg neoprén alátétet helyeznek. Az elasztomer- vagy fémpapucs mélysége a neoprén betét vastagságánál kétszer nagyobb legyen, átmérője a próbahenger átmérőjénél nem lehet 2%-kal kisebb, illetve 7%-kal nagyobb. A neoprén betét vastagsága 13 ± 2 mm, átmérője legfeljebb 2 mm-rel lehet kisebb, mint az elasztomer- vagy fémpapucs belső átmérője (20.1.1.28. ábra). Az ASTM C 1231/C1231M:2015 szabvány szerint a neoprén betétes elasztomer-papucsok $10-80 \text{ N/mm}^2$ közötti nyomószilárdságú betonok nyomószilárdságának vizsgálatára alkalmasak, és ha sérülésmentesek, rajtuk 10 mm-nél hosszabb repedések nincsenek, akkor többször is felhasználhatók.



20.1.1.27. ábra: Próbahengerek nyomott felületének kénhabarcs sapkázása az ASTM C 39/C39M:2018 szabvány szerint. (Centro de Investigacione de Ingeniera, Seccion de Agredados, Concretos y Morteros. Guatemala, 2011.
<https://www.youtube.com/watch?v=PqTzsN4nz-4>)



20.1.1.28. ábra: Próbahengerek nyomott felületének neoprén alátetes elasztomer-papucsozása az ASTM C 1231/C1231M:2015 szabvány szerint. (Universidad Técnica Particular de Loja. Tecnico an Laboratorio de Concrete. Ecuador, 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=Wz5zJjQuFkM>)

Összegezve: Még meg kell írni.

20.1.1.4. A nyomott felületek csiszolásának hatása a nyomószilárdságra

Ide be kellene másolni a tokaji cikk lényegét, ha itt még nincs benne.

Be kell írni, akár végkövetkeztetésként, azt, amit a „Betonpróbahengerek csiszolása” fogalom alatt írtam:

A betonpróbahenger (akár sablonban készült, akár kifűrt magminta) nyomott felületét csiszolni nem szabad, mert

- a csiszolt felületű betonpróbahengeren mért nyomószilárdsági érték szabványosnak nem tekinthető,
- csiszolt felületű betonpróbahengerek esetén a szabványos próbahenger/próbakocka nyomószilárdság átszámítási arány érvénytelen,
- csiszolt felületű betonpróbahengerek nyomószilárdsága alapján a beton nyomószilárdsági osztályba nem sorolható.

Meg kell nézni, le kell fordítani, hogy Neville mit ír az 585-590. oldalon a véglapokról.

Kérdés saját magamhoz, hogy ezt leírhatom-e: Ha valamely kiküszöbölhetetlen okból elkerülhetetlen a betonpróbahenger nyomott felületének csiszolása, akkor jobb megoldás hiányában – és az érdekelt felek előzetes egyetértése alapján – a mért nyomószilárdság próbakocka nyomószilárdság vizsgálati eredménynek tekintendő, amelyből a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra segítségével lehet a számításba vehető próbahenger szilárdságot meghatározni. Például, ha a végig víz alatt tárolt csiszolt felületű betonpróbahengerek egyes vagy átlagos nyomószilárdsága 32 N/mm^2 , akkor ezt a mért értéket kockanyomószilárdságnak kell tekinteni, amelyhez tartozó egyes vagy átlagos hengernyomószilárdság a 20.1.2.6. ábra szerint $0,81 \times 32 = 25,9 \text{ N/mm}^2$. Ez az átszámítás tulajdonképpen egy 0,81 értékű korrekciós tényező (átszámítási tényező) alkalmazásaként is felfogható.

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány 5.5.1.2. szakasza szerint „A nyomószilárdságot az MSZ EN 12390-3 szerint kell meghatározni, azzal a kiegészítéssel, hogy azoknak a próbatesteknek a teherviselésre szánt felületét, amelyek mérete vagy alakja az MSZ EN 12390-1 előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak megfelel, az MSZ EN 12390-3 szabvány 5. fejezete, illetve A melléklete szerint kiigazítani indokolatlan. Az MSZ EN 12390-1 előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak meg nem felelő méretű vagy alakú próbatestek csiszolással történő kiigazítása e szabvány szerint nem javasolt, mert a korrekciós tényezőnek jelenleg nincs közmegegyezéssel elfogadott értéke.

Az MSZ EN 12390-3 szabvány 5.2. szakasz első mondata úgy értelmezendő, hogy a nyomószilárdság vizsgálati próbatestek méretét az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete szerint meg kell vizsgálni, és ha a próbatest mérete az MSZ EN 12390-1 szerinti méretekre előírt mérettűréseken kívül esik, akkor a próbatestet nyomószilárdság vizsgálat előtt vagy kalcium-aluminát cementhabarccsal vagy kénkeverékkel vagy homokdoboz módszerrel ki kell igazítani, vagy a nyomószilárdság vizsgálatból ki kell hagyni.”

Továbbá ugyan itt olvasható: „Ha a nyomószilárdságot szerkezetből vagy szerkezeti elemből kifűrt magmintából kimunkált próbahengerek vizsgálatával határozzák meg, akkor a próbahengerek véglapjai párhuzamosra vágottak legyenek, azokat csiszolni nem javasolt (lásd

az 5.5.1.2. szakasz (1) bekezdését). A 28 naposnál idősebb magminta próbahengerek nyomószilárdságából a 28 napos korú beton nyomószilárdságára következtetni nem szabad.”

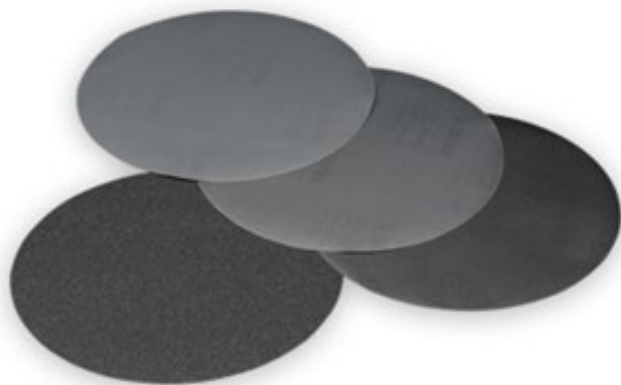
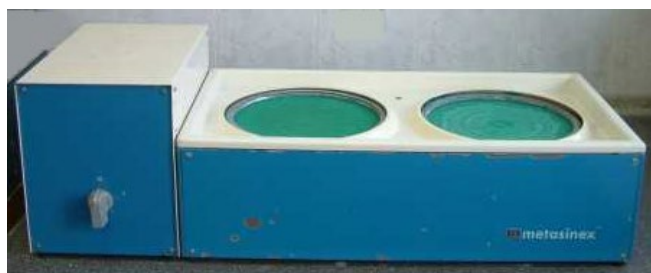
Fontos kérdés, hogy miként befolyásolja a nyomószilárdságot, ha a fűrésmagból kialakított vagy a formában készített próbahenger nyomott felületeit lecsiszolják, ahogy az MSZ EN 12390-3:2009 szabványban, illetve az MSZ EN 12504-1:2019, a visszavont **MSZ EN 13791:2007 ez az újban is így van???** és az MSZ EN 13369:2024 szabványban – értelmezésünk szerint – arra az esetre javasolják, ha a próbatest alak- vagy mérethibás. Értelmezésünk magyarázatául el kell mondani, hogy

- a formában készített és fűrt beton próbatestek nyomószilárdság vizsgálatával foglalkozó MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A1. szakaszában, amely előírás, az áll, hogy „Ha szükség van a próbatestek méretének a csökkentésére, akkor csiszolni vagy fűrészelni (értsd alatta vágni) kell”. Értelmezésünk szerint az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A1. szakasza csak a mérethibás próbatestek csiszolását vagy vágását írja elő.
- az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány próbakockákra vonatkozó B3.1.1. szakasza és próbahengerekre, valamint magmintákra vonatkozó B3.2.1. szakasza szerint, amelyek szintén előírások, „Ha bármelyik méret 3%-kal nagyobb vagy kisebb, mint az előírt méret, akkor a próbatestet kihagyjuk vagy kiigazítjuk (A melléklet).” A mérethibás próbatestek kihagyásával egyetértünk, a kiigazítással következésképpen nem értünk egyet.
- az ugyancsak az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A1. szakaszában szereplő „A teherviselésre szánt felületeket csiszolással vagy habarcsolással kell előkészíteni. Vita esetén a csiszolás legyen a referenciamódszer. A kiigazítás más módszereit is szabad alkalmazni, ha azok helyességét a csiszoláshoz viszonyítva igazolták.” mondatok értelmezhetetlenek, és azokat figyelmen kívül kell hagyni, mert azt a látszatot keltik, mintha nemcsak az alak- vagy mérethibás, hanem a szabványos alakú és méretű próbatestek nyomott felületét is minden esetben csiszolni vagy habarcsolni kellene, és a csiszolt felületű próbatesten mért nyomószilárdság lenne a mértékadó;
- a betonszerkezetek betonjának fűrt magmintából kialakított próbahengerekkel történő nyomószilárdság vizsgálatával foglalkozó MSZ EN 12504-1:2019 szabvány 3. fejezete szerint a fűrt próbahengereket nyomószilárdság vizsgálatra csiszolással vagy kiegyenlítéssel kell előkészíteni. A 7.3. szakasz a) bekezdésében arról rendelkeznek, hogy a fűrt próbahengerek csiszolással vagy aluminátcementtel (alumina cement, Tonerdezement) kiegyenlített véglapjának egyenletessége (sík volta) feleljen meg az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány követelményének. Az MSZ EN 12504-1:2019 szabvány 10. fejezetének f) bekezdése szerint a vizsgálati jegyzőkönyvben fel kell tüntetni, hogy a próbatesteket vágással, csiszolással vagy kiegyenlítéssel készítették-e elő. A próbatestek csiszolásával nem értünk egyet;
- a betonszerkezetek és előregyártott betonelemek betonja roncsolásos és roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelését tárgyaló visszavont MSZ EN 13791:2007 szabvány A.3.4. szakasza **ez az újban is így van???** a fűrt magmintából kialakított próbahengerre a felület kiegyenlítési módszerek közül a csiszolás alkalmazását ajánlja. Ezt az ajánlást nem tudjuk elfogadni;
- az előregyártott betonelemekre vonatkozó MSZ EN 13369:2024 szabvány H mellékletében a fűrt magmintából kialakított próbahengerek véglapjainak nyomószilárdság vizsgálat előtti csiszolását ajánlják. Ezt az ajánlást sem tudjuk elfogadni;

- komoly hiányosság, hogy sem az MSZ EN 12390-3:2009, sem az MSZ EN 12504-1:2019, sem az MSZ EN 13791:2007 **ez az újban is így van???**, sem az MSZ EN 13369:2024 szabvány a csiszolás nyomószilárdság befolyásoló hatásáról nem szól.

A csiszolásról már az európai szabványokat megelőző szabványok is szóltak. A visszavont MSZ 4715-4:1972 és MSZ 4715-4:1987 vizsgálati szabványban olvashatjuk, hogy a vizsgálatra szánt próbatest nyomott felületei minden esetben síkok és egymással párhuzamosak legyenek. A próbatest nyomott felületei 100 mm-enként legfeljebb 0,1 mm-rel térhetnek el a síktól. A nyomott felületek egymástól mért távolsága kocka és hasáb esetében a négy sarkon, henger esetében két egymásra merőleges átmérőhöz tartozó alkotón mérve legfeljebb 1 mm-rel térhet el egymástól. Ha a felületek e követelményeknek nem felelnek meg, akkor csiszolással kell azokat kialakítani. Ha a beton minősége nem teszi lehetővé a csiszolást, akkor a felületet – a vizsgálat időpontjában a várható törőfeszültségnél nagyobb szilárdságú – gyorsan szilárduló vékony rétegű habarccsal kell kiegyenlíteni. Vékony rétegű a habarcs akkor, ha a próbatest tömege a két oldal habarcsolása miatt legfeljebb 4%-kal növekszik. A habarcsolást úgy kell elkészíteni, hogy a nyomott felületek a próbatest tengelyére mérőlegesen legyenek.

A próbatestcsiszolás szabványba foglalása tehát nem újkeletű dolog, de a régi szabványok olvasása közben nem szabad megfeledkezni arról, hogy azok megírása és alkalmazása idején a csiszolás mást jelentett, mint ma; az utóbbi évtizedek csiszolástechnikai fejlődése és hatása nem hagyható figyelmen kívül. Az 1970-1980-as évek beli laboratóriumi csiszológépek forgótárcsájának fordulatszáma általában 150-300 ford/perc, átépítve legfeljebb 1200 ford/perc volt, és a forgótárcsára dörzsvásznat erősítettek. A próbatestet csiszolás közben általában kézzel nyomták a forgótárcsához (20.1.1.29. ábra). A mai csiszológépek ezzel szemben legalább 3400 ford/perc fordulatszámú gyémánt-szemcsés tárcsával csiszolnak, mechanikájuk magasfokon szabályozott (20.1.1.30. ábra), következésképpen hatékonyságuk és pontosságuk messze meghaladja a mintegy ötven évvel ezelőtt gyártott gépeket, voltaképpen nem is csiszolnak, hanem fényesítenek (políroznak). Ezt a körülményt és hatását a nyomószilárdságra a mai szabványalkotók sajnos nem veszik figyelembe.



20.1.1.29. ábra: Laboratóriumi betonpróbatest-



20.1.1.30. ábra: Példa napjaink

csiszológép és dörzsvászon az 1970-1980-as évekből
(<http://riad.usk.pk.edu.pl> és
<https://www.struers.com/zh-CN>)

gyémánttárcsás laboratóriumi
betonpróbatest-csiszológépére
(<https://www.formtest.de>)

Tapasztalatok szerint a nyomott oldalak csiszolása a fűrt magmintából kialakított próbahengeren mért nyomószilárdságot a vágott, de nem csiszolt, vagy a formában készített próbahengeren mért nyomószilárdságot a natúr vagy habarccsal simított véglapokkal rendelkező próbahengeren mért nyomószilárdsághoz képest megnöveli, akkor is, ha a próbahengerek véglapjai a csiszolás előtt is tökéletesen párhuzamosak voltak. Minél simábbra csiszoljuk a próbatest nyomott felületét, az a nyomószilárdság vizsgálat során egyre inkább közelebb kerül a nyomólap felületéhez, a felületek közül a levegő teljesen kiszorul, és érvényesül a felületek részecskéi közötti adhézió. A tapadási súrlódási erő tiszta és nagyon sima, csiszolt felület esetén megnő, és ezáltal a mért nyomószilárdság is nagyobb lesz. Ha a próbatest lecsiszolt véglapja nedves, akkor a szárazhoz képest a súrlódás és a nyomószilárdság valamelyest csökkenhet, mert a vékony vízfilm csúszóréteget képezhet. (Kausay – Simon 2017)

A próbatestek nyomott felületeinek csiszolása látszólag nem csak a fűrsmagból kialakított például Ø100×100 mm méretű próbahengerek, hanem a formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságát is megnöveli. Erre mutatunk be példát a 20.1.1.1. táblázatban és a 20.1.1.31. – 20.1.1.32. ábrán.

A 20.1.1.1. táblázat szerint a csiszolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger

- nyomószilárdságának átlagértéke (52,7 N/mm²) akár 20%-kal is meghaladhatja a habarcsolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságának átlagértékét (42,8 N/mm²);
- nyomószilárdsági osztálya (C40/50) akár két fokozattal is nagyobb lehet, mint a habarcsolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdsági osztálya (C30/37);
- nyomószilárdságának előírt jellemző értéke (40 N/mm²) elérheti a sablon formálta felületű 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságának előírt jellemző értékét (37 N/mm²).

20.1.1.1. táblázat: Formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, különböző módon előkészített nyomott felületű próbahengerek nyomószilárdsága (Kausay – Simon 2017)

Nyomott felület kialakítása	Felső lap cementhabarccsal simított, alsó lap natúr	Felső lap csiszolt, alsó lap natúr	Mind a két lap csiszolt
Végig víz alatt tárolt, 28 napos korú Ø150×300 mm méretű próbahengerek	Töréskor nem robbantak	Töréskor robbantak	Töréskor robbantak
Átlagos nyomószilárdság, N/mm ²	42,8	51,4	52,7
Nyomószilárdság, %	100,0	120,0	123,1
Szórás, N/mm ²	1,68	0,67	1,64
Szórás a terjedelemből számítva, N/mm ²	1,95	0,71	1,89
Mértékadó szórás, N/mm ²	3,00	3,00	3,00
Student-tényező, $n = 3$	2,92	2,92	2,92

Jellemző érték, N/mm ²	34,06	42,63	43,94
Nyomószilárdsági osztály	C30/37	C40/50	C40/50



20.1.1.31. ábra: Formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, cementhabarccsal simított és csiszolt felső nyomott felületű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek (*Kausay – Simon 2017*)



20.1.1.32. ábra: Formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, natúr és csiszolt alsó nyomott felületű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek (Kausay et al., 2017).

A próbatestek csiszolását ajánló szabványok a csiszolás látszólagos nyomószilárdság-növelő hatásáról és az így mért nyomószilárdság átszámításának szükségességéről nem szólnak, és a csiszolás megengedett mértékét sem szabályozzák. Csiszolással a próbahenger magassága is csökken, ami szintén látszólag növeli a nyomószilárdságot.

Ezt felismerve mondják ki az előregyártott beton csatornázási aknaelemek MSZE 15612:2014 előszabványának 5.5.3. szakaszában, hogy az aknaelemből kifűrt magmintából kialakított próbahenger nyomószilárdságának meghatározása során a próbahenger nyomott felületeit csiszolni nem szabad, mert a csiszolás nyomószilárdság-növelő hatású, miközben általa a beton szövetszerkezete nem változik.

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány 5.5.1.2. szakaszának (19 bekezdésében úgy fogalmaznak, hogy a nyomószilárdságot az MSZ EN 12390-3 szabvány szerint kell meghatározni, azzal a kiegészítéssel, hogy azoknak a próbatesteknek a teherviselésre szánt felületét, amelyek mérete vagy alakja az MSZ EN 12390-1 szabvány előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B mellékletének megfelel, az MSZ EN 12390-3 szabvány 5. fejezete, illetve A melléklete szerint kiigazítani indokolatlan. Az MSZ EN 12390-1 szabványnak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak meg nem felelő méretű vagy alakú próbatestek csiszolással történő kiigazítása nem javasolható, mert a korrekciós tényezőnek jelenleg nincs közmegegyezéssel elfogadott értéke. Ha a próbatest mérete az MSZ EN 12390-1 szerinti méretekre előírt mérettűréseken kívül esik, akkor a próbatestet nyomószilárdság vizsgálat előtt vagy kalcium-aluminát cementhabarccsal vagy kénkeverékkel vagy homokdoboz módszerrel ki kell igazítani, vagy a nyomószilárdság vizsgálatból ki kell hagyni.

Megjegyzés: A kalcium-aluminát cement összetételét, követelményeit és megfelelőségi feltételeit az MSZ EN 14647:2007 szabványban lehet olvasni.

Lásd még: Kalcium-aluminát cement

Összegezve:

Az építmények biztonsága csak a méretezési modellben megkövetelt anyagminőségekkel biztosítható. Az anyagminőségre vonatkozó követelmény a vizsgálati módszertől nem választható el, a vizsgálati módszer megváltoztatásával a követelményérték érvényét veszti. Ezért helytelen a beton vagy vasbeton szerkezetbe olyan betont beépíteni, amelynek nyomószilárdságát a vizsgálati módszer megváltoztatásával – csiszolt felületű próbatestek vizsgálati eredményével – igazolták.

A próbatest nyomott felületének csiszolása a csiszolatlanhoz képest a vizsgálati módszer megváltoztatását jelenti, következésképpen, ha a csiszolás látszólagos nyomószilárdság-növelő hatását nem veszik figyelembe, akkor a beton nyomószilárdságának megfelelőségét a mért nyomószilárdság alapján a csiszolatlan próbatest nyomószilárdságára vonatkozó előírt értékkel igazolni nem szabad.

Csiszolással a beton mért nyomószilárdsága annak ellenére megnövekszik, hogy a beton szövetszerkezete, összetétele, cementtartalma stb. változatlan marad.

A csiszolás közel olyan hatású, mintha a nyomott próbatestet befognánk vagy az alsó és felső acéllap-alátétéhez ragasztanánk.

A próbatestek nyomott felületének csiszolásával épp ellenkező hatás érhető el, mint amilyenre például *Hilsdorf* (1965) vagy *Hampel* (2006) az acélkefe-alátét alkalmazásával törekedett (lásd e könyv 20.1.1.3. fejezetét).

20.1.2. Különböző feltételek mellett meghatározott egyes vagy átlagos roncsolásos nyomószilárdság vizsgálati eredmények átszámítása

Valamely adott beton nyomószilárdságának egyes vagy átlagos értéke a nyomószilárdság szabványos meghatározása – esetenként szabványosítási időszakonként is változó – feltételeinek függvénye. A különböző feltételek szerint mért, illetve kifejezett nyomószilárdságok egyes vagy átlagos értékei közötti kapcsolat ismeretére – az átszámíthatóság érdekében – a megfelelés-ellenőrzéshez elengedhetetlenül szükség van.

Az MSZ EN 1992-1-2:2010 Eurocode 2 méretezési (tervezési) szabvány a beton 28 napos kori nyomószilárdságát kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahenger alkalmazásának feltételezésével értelmezi. Ugyanakkor az MSZ 4798:2016 szabvány és elődei szerint a nyomószilárdság 150 mm élhosszúságú próbakockán is vizsgálható, és a próbakockákat vegyesen is szabad tárolni, de a próbahengerek vegyes tárolása sem kizárt. A teljességhez tartozik, hogy a beton nyomószilárdságát 1982 előtt 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockákon határozták meg. A kutatók már több mint 100 éve felfigyeltek arra, hogy a beton nyomószilárdságának az értékét a próbatest alakja és mérete, valamint a tárolás módja befolyásolja, és azóta is keresik a különböző feltételek mellett meghatározott nyomószilárdságok egymásba való átszámításának lehetőségét.

Lampl Hugó és Sajó Elemér arról számol be (Lampl et al., 1914), hogy Heinrich Burchartz³³⁶ (Burchartz, 1903) 7, 28 és 90 napos próbakockákkal végzett kísérleteket, amelyek eredményei alapján megállapította, hogy a különböző méretű kockák közül a kisebbek nyomószilárdsága nagyobb, mint a nagyobb méretűeké. A 28 napos korú 71 mm élhosszúságú kockák nyomószilárdságához (100%) viszonyítva az ugyanilyen idős 100 mm, 200 mm, 300 mm élhosszúságú kockák nyomószilárdsága rendre 92%, 77%, 61% volt.

Zielinski Szilárd (Zielinski, 1909) 28 napos korú 70, 150, 300 és 500 mm élhosszúságú földnedves és képlékeny konzisztenciájú betonok nyomószilárdságát vizsgálta (20.1.2.1. táblázat), és arra következtetésre jutott, hogy a nagyobb próbakockák nyomószilárdságai között kisebb a különbség, mint a kisebb próbakockák nyomószilárdságai között (Lampl – Sajó 1914).

Megnevezés	Keverőarány súlyban	Földnedvességű beton- próbatestek élhossza				Plasztikus beton- próbatestek élhossza			
		7 cm.	15 cm.	30 cm.	50 cm.	7 cm.	15 cm.	30 cm.	50 cm.
		28 napos szilárdság kg. pro cm ²							
Mészdús románcement...	1 : 4 : 4	67·9	33·4	32·4	31·3	43·0	21·0	18·1	17·2
Portlandcement... --- ---	1 : 3 : 3	291·8	156·6	149·0	142·7	144·5	105·4	89·5	89·6

20.1.2.1. táblázat: Különböző méretű betonkockák nyomószilárdsága Zielinski Szilárd (1909) kísérletei szerint (Lampl et al., 1914)

Nem szabad elfelejteni, hogy a XX. század elején a próbakockákat vasformában készítették, általában 12 kg tömegű kézi vasdöngölökkel tömörítették, 24 órás korban kizsalúzták,

³³⁶ Heinrich Burchartz (1864, Köln – 1938, Berlin) német mérnök, 1917-től a berlin-dahlemer Baustoffkunde am Staatlichen Materialprüfungsamt professzora. A mészhidrátok, traszok, cementek, betonok, mészhomokkővek, kohósalakok tulajdonságainak kutatásában értbel jelentős eredményeket.

kizsaluzás után 24 órán keresztül laboratóriumi levegőn tárolták, majd víz alá helyezték. Az utókezelő medencék vizét hetente cserélték, és a próbatesteket csak 2-3 nappal a törésük előtt vették ki a vízből (*Lampl et al.*, 1914). Az akkori betonok nyomószilárdsága a 30 N/mm² értéket nem igen haladta meg, többségében kevesebb volt, mint 20-25 N/mm².

Graf a betonok tulajdonságairól írt könyvében (1950) azt állapította meg, hogy a 100 mm élhosszúságú próbakockán mért nyomószilárdság 1,05-1,25-szorosa, a 300 mm élhosszúságú próbakockán mért nyomószilárdság 0,85-0,95-szorosa, és a 400 mm élhosszúságú próbakockán mért nyomószilárdság 0,80-0,92-szorosa a 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságának.

A DIN 1048:1944 és DIN 1048:1957 szabványban az állt, hogy a 100 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdsága 15%-kal nagyobb, a 300 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdsága 10%-kal kisebb, mint a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdsága (*Hummel* 1959).

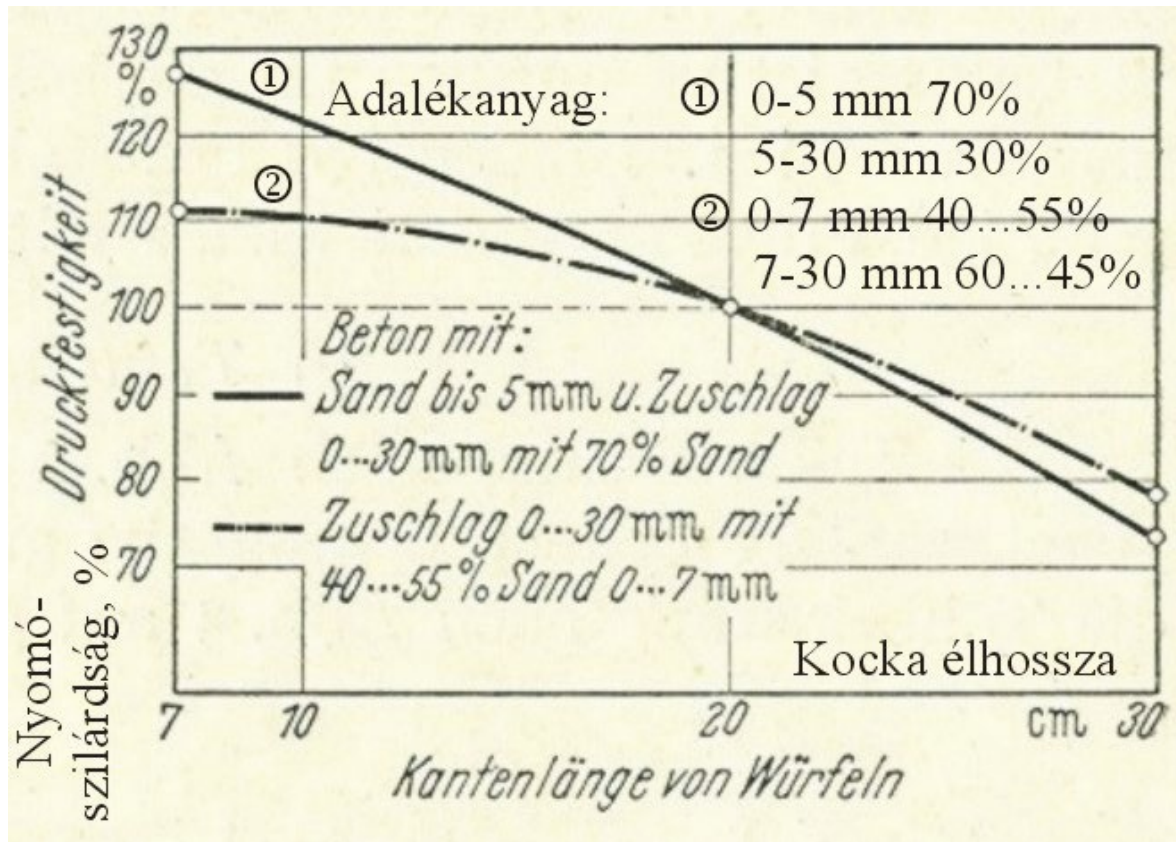
Kurt Walz fejezet írt az 1956 áprilisában elhunyt *Otto Graf* professzor 1956 márciusában írt előszavával és kiadásában megjelent „Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe” című könyvbe (*Siebel* szerk., 3. kötet, 1957), és ebben a próbakockák élhosszúságának a beton nyomószilárdságára gyakorolt hatásáról szólva elsőként *Gyengő Tibor*³³⁷ (1938) ábrájára hivatkozik (20.1.2.1. ábra). A hivatkozott angol nyelvű *Gyengő Tibor*-féle cikk (1938) előzménye az *Anyagvizsgálók Közlönyében* (1936) megjelent tanulmány, amely a 20.1.2.2. ábrán bemutatott betonkockákon, hasábokon és hengereken a magyar királyi József Nádor Műegyetem Beton és Vasbetonépítési Laboratóriumában (tanszékvezető dr. *Mihailich Győző*) végzett összehasonlító szilárdsági kísérletekről szól. A kísérleti betonok adalékanyaga homokos kavics, cementtartalma 270 kg/m³, konzisztenciája képlékeny volt. Keverésüket a nagy homoktartalmúak kivételével keverőgéppen, a nagy homoktartalmúakat kézzel végezték. A próbatesteket egy hétig nedves ruhával letakarva, utána 28 napos törésükig szárazon tárolták.

Gyengő Tibor (1936) a kísérleti eredményekből többek között azt állapította meg, hogy

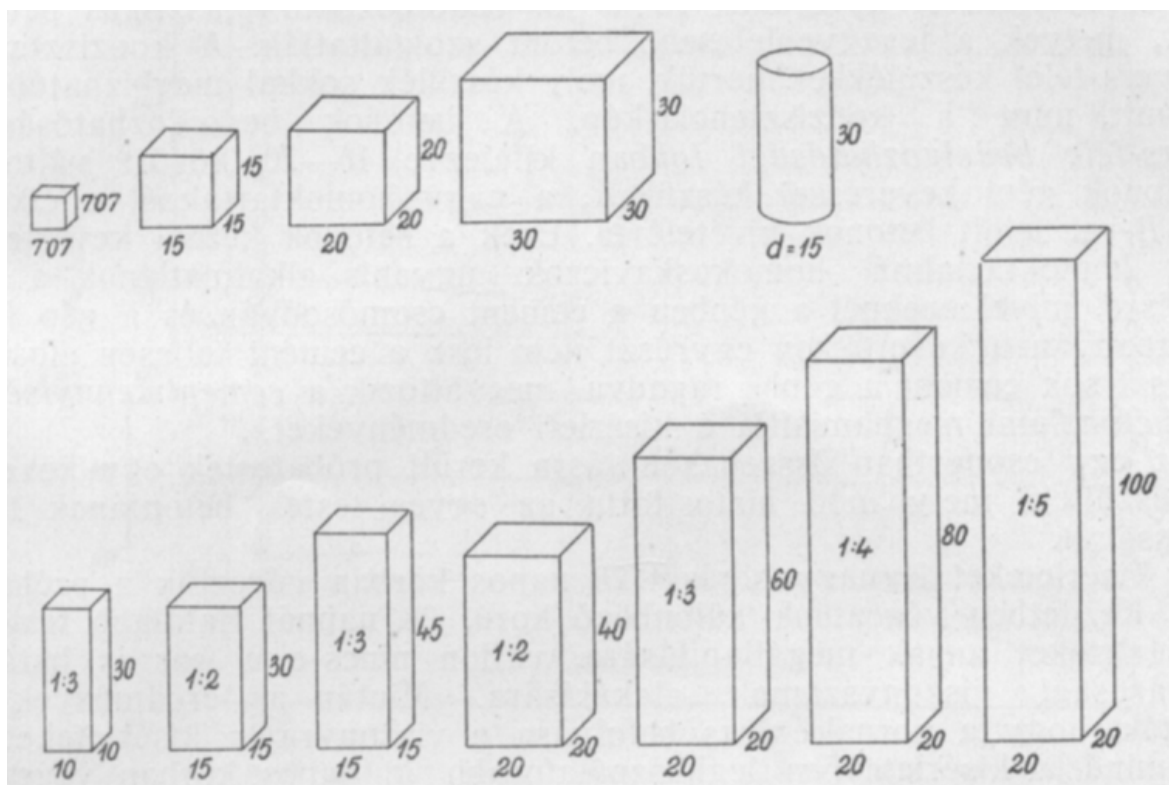
- a próbatest kora a 28 napos korig nincs befolyással a különböző alakú és méretű próbatestek nyomószilárdságai között fennálló viszonzyszámokra;
- a különböző élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságai csökkennek az élhosszúság növekedésével, mégpedig a 70% homoktartalmú betonok esetén lineárisan, kavicsosabb betonoknál pedig az összefüggés egy felülről domború görbébe megy át (20.1.2.2. táblázat);

³³⁷ *Gyengő Tibor* (1910, Budapest – 1980, Budapest) építőmérnök, egyetemi magántanár, címz. egyetemi tanár. A magyar királyi József-Műegyetemet 1932-ben végezte el. Műszaki doktori fokozatot 1940-ben „A nyomatékosztás módszerének továbbfejlesztése” című értekezéssel nyert, a műszaki tudomány doktora 1952-ben lett. A nyomatékosztás módszerét (a *Cross*-módszert) az USA egyetemén 1932-ben folytatott tanulmányai során ismerte meg. A Magyar Tudományos Akadémia Építéstudományi Főbizottságának 1953-ban ügyvezetője volt. A fenn hivatkozott tanulmányának előzménye „Betonkockákon, hasábokon és hengereken végzett összehasonlító szilárdsági kísérletek” címmel az *Anyagvizsgálók Közlönye* 1936. évi november-decemberi számában (XIV. évfolyam. 5. szám) jelent meg, és a cikket közölte az *Österreichische Betonbericht* is. E közleményekben leírt kutatásokat a Műegyetem II. Hídépítéstan Tanszékén végezte, ahol dr. *Mihailich Győző* professzor tanársegéde volt. A vasbetonszerkezetek méretezése tárgyában több könyv szerzőtársa volt. A Margitszigeti Szabadtéri Színpad tribünje 1938-ban dr. *Gyengő Tibor* tervei alapján épült meg. Munkahelyei: Kereskedelmi Minisztérium Dunahídépítési Szakosztálya (1935-1937), Fővárosi Közmunkák Tanácsa (1937-1946), Építésügyi Minisztérium (1946-1949), Építéstudományi Intézet (1949-1959), Beton és Vasbetonipari Művek (1959-1971). (*Balázs*, 2005).

- az amerikai szabványhengerek (Ø150×300 mm) nyomószilárdsága a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának átlagosan mintegy 75%-át teszi ki (20.1.2.3. táblázat).



20.1.2.1. ábra: A beton 70 és 300 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott nyomószilárdsága a 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságához viszonyítva. Gyengő Tibor ábrája a Siebel-féle könyv 415. oldalán (Siebel szerk., 3. kötet, 1957)



20.1.2.2. ábra: Gyengő Tibor összehasonlító nyomószilárdság kísérleteiben vizsgált próbatestek (Gyengő 1936). A méretek cm-ben értendők.

20.1.2.2. táblázat: A próbakockák élhosszúságának hatása a beton nyomószilárdságára Gyengő Tibor (1936) szerint

Abrams-féle finomsági modulus	Próbakockák élhosszúsága, mm			
	70,7	150	200	300
	Kockaszilárdság százalékban a különböző élhosszúságok esetén			
4,20	122,1	100,9	100,0	75,1
4,65	132,3	98,5	100,0	71,7
5,30	108,5	104,7	100,0	75,0
5,96	112,0	112,2	100,0	81,3
6,22	104,8	104,8	100,0	80,1

20.1.2.3. táblázat: Az amerikai szabványhengerek (Ø150×300 mm) nyomószilárdsága a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának függvényében Gyengő Tibor (1936) szerint

Abrams-féle finomsági modulus	Nyomószilárdság százalékban	
	200 mm élhosszúságú próbakocka	Ø150×300 mm méretű próbahenger
4,20	100,0	84,0
4,65	100,0	78,3
5,30	100,0	75,0
5,39	100,0	68,8
5,96	100,0	73,7
6,22	100,0	65,2

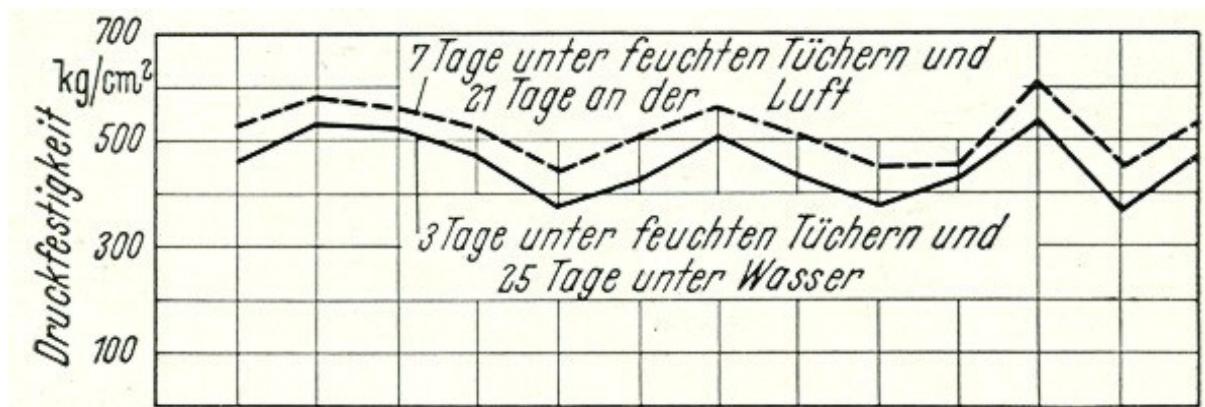
Walz (Siebel szerk., 3. kötet, 1957) különböző amerikai kísérleti eredményekre hivatkozva a próbahengerek nyomószilárdságának viszonyára a 20.1.2.4. táblázatbeli számokat közölte. Véleménye szerint a Ø150×300 mm méretű próbahengerek és a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának hányadosa mintegy 0,85 értékre tehető, mai jelöléssel kifejezve és a próbahengerek víz alatti, a próbakockák vegyes tárolását feltételezve:

$$f_{cm,cyl,ASTM} = 0,85 \times f_{cm,cube,200,H}$$

20.1.2.4. táblázat: Próbahengerek nyomószilárdságának viszonyismertái Walz szerint (Siebel szerk., 3. kötet, 1957)

150 mm átmérőjű, különböző magasságú próbahengerek nyomószilárdsága a Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságához viszonyítva, különböző amerikai kísérletek eredményei alapján, víz alatti tárolás mellett					
Magasság, mm	75	150	300	450	600
Magasság/átmérő viszonyismertája	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Nyomószilárdság viszonyismertája	1,80	1,17	1,00	0,94	0,89

Walz (Siebel szerk., 3. kötet, 1957) rámutatott arra is, hogy a DIN 1048:1957 szabvány szerint vegyesen, azaz 7 napos korig víz alatt vagy nedves homokban vagy nedves kendők alatt, azután a nyomószilárdság vizsgálatig alátét rostélyon szobalevegőn tárolt betonpróbakockák valamivel nagyobb nyomószilárdságot adnak, mint az ASTM C 192:1952 T szabvány szerint 3 napos korig nedves kendők alatt, azután a nyomószilárdság vizsgálatig víz alatt tárolt próbakockák (20.1.2.3. ábra).



20.1.2.3. ábra: A vegyesen (szaggatott vonal) és a víz alatt (folyamatos vonal) tárolt, különböző cementekkel készített beton próbakockák nyomószilárdsága Walz szerint (Siebel szerk., 3. kötet, 1957)

Hummel (1959) szerint a DIN 1048:1957 szabvány szerinti 200 mm élhosszúságú próbakockák mintegy 13%-kal nagyobb nyomószilárdságot adnak, mint az ASTM C 192:1952 T szabvány szerinti $d = 152,5$ mm átmérőjű és $h = 2 \times d = 305,0$ mm magas próbahengerek. Ez a kapcsolat mai jelöléssel kifejezve és a próbahengerek víz alatti, a próbakockák vegyes tárolását feltételezve lényegében az

$$f_{cm,cyl,ASTM} = 0,88 \times f_{cm,cube,200,H}$$

alakot ölti, amely némileg eltér Walz (Siebel szerk., 3. kötet, 1957) fenti összefüggésétől.

Nils Petersons svéd kutató kísérleti eredményei (1964) szerint a beton próbahengerek törőszilárdsága (σ_s) az azonos körülmények között szilárdult szabványos 200 mm méretű beton

próbakockák átlagos nyomószilárdságának ($f_{ci,cube,200}$) mintegy 0,68-szorosa ($0,68 \pm 0,1$):
 $\sigma_s = 0,68 \times f_{ci,cube,200}$ (Trüb 1980).

Rüsch és szerzőtársai (1969) nagyszámú, különböző alakú és méretű próbatesten nyert építéshelyi nyomószilárdság-vizsgálati eredmény statisztikai elemzését végezték el, amelyben az egységes értékeléshez a mért nyomószilárdságok átlagértékét (β_i) a – legnagyobb számban előforduló, a vizsgálati eredmények mintegy felét kitevő – 200 mm méretű próbakockák nyomószilárdságának átlagértékére (β_{w20}) – például Bonzel (1959) munkájára hivatkozva – a 20.1.2.5. táblázat átszámítási szorzótényezőivel számították át. A 200 mm és a 150 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakockák átlagos nyomószilárdságának viszonyozása ($\beta_{w20}/\beta_{w15} = 0,95$) lényegében megfelel a 20.1.2.5. ábrán szereplő értéknek ($1/1,06 = 0,943$).

20.1.2.5. táblázat: Nyomószilárdság átszámítási szorzótényezők Rüsch és szerzőtársai (1969) tudományos közleményében

Próbatest alakja	Próbatest mérete mm	Nyomószilárdság szorzótényezője β_{w20}/β_i
Próbakocka	300×300×300	1,110
Próbakocka	200×200×200	1,000
Próbakocka	150×150×150	0,950
Próbakocka	100×100×100	0,870
Próbahenger	Ø450/300	1,185
Próbahenger	Ø150/300	1,150
Próbahasáb	–	1,200

Az 1987-ig érvényben volt MSZ 4715-4:1972 szabvány szerint a különböző alakú és méretű, vegyesen tárolt próbatestek nyomószilárdságát a vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságára a 20.1.2.6. táblázat szorzótényezőivel számították át.

20.1.2.6. táblázat: Szorzótényezők a különböző alakú és méretű próbatesteken meghatározott nyomószilárdságoknak a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságára való átszámításához – a próbatestek vegyes tárolása esetén – az egykori MSZ 4715-4:1972 szabvány szerint

Próbakockán meghatározott nyomószilárdság esetén			Próbahengeren meghatározott nyomószilárdság esetén		
Vizsgált próbakocka élhosszúsága mm	Ha a vizsgált próbakocka nyomószilárdsága, N/mm ²		Vizsgált próbahenger mérete mm	Ha a vizsgát próbahenger nyomószilárdsága, N/mm ²	
	≤ 20,0	≥ 28,0		≤ 20,0	≥ 28,0
	akkor a próbakockán mért nyomószilárdság szorzója			akkor a próbahengeren mért nyomószilárdság szorzója	
300	1,06	1,04	Ø200×400	1,27	1,24
200	1,00	1,00	Ø150×300	1,25	1,20
150	0,94	0,92	Ø200×200	1,12	1,09
100	0,93	0,91	Ø150×150	1,04	1,02
70,7	0,92	0,90	Ø100×100	0,93	0,92
—	—	—	Ø80×80	0,90	0,88
Megjegyzés:					
- 20 és 28 N/mm ² között általában interpoláltunk.					

- Az MSZ 4715-4:1972 szabványt felváltó, 2003-ban visszavont MSZ 4715-4:1987 szabvány a próbatestek alakjának és méretének a beton nyomószilárdságára gyakorolt hatásával nem foglalkozott.

A 20.1.2.6. táblázat alapján – a nyomószilárdság határérték kisebb, célszerű módosításával – mai jelölésekkel felírható néhány MSZ 4715-4:1972 szabvány szerinti közelítő összefüggés:

- ha a vizsgált próbatestek nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C16/20, akkor:

$$f_{ci,cube,150,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,94} = 1,06 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{1,25} = 0,80 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,93} = 1,08 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,94}{1,25} \times f_{ci,cube,150,H} = 0,75 \times f_{ci,cube,150,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,93}{1,25} \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = 0,74 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H}$$

- ha a vizsgált próbatestek nyomószilárdsági osztálya C20/25 – C50/60, akkor:

$$f_{ci,cube,150,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,92} = 1,09 \times f_{ci,cube,200,H}$$

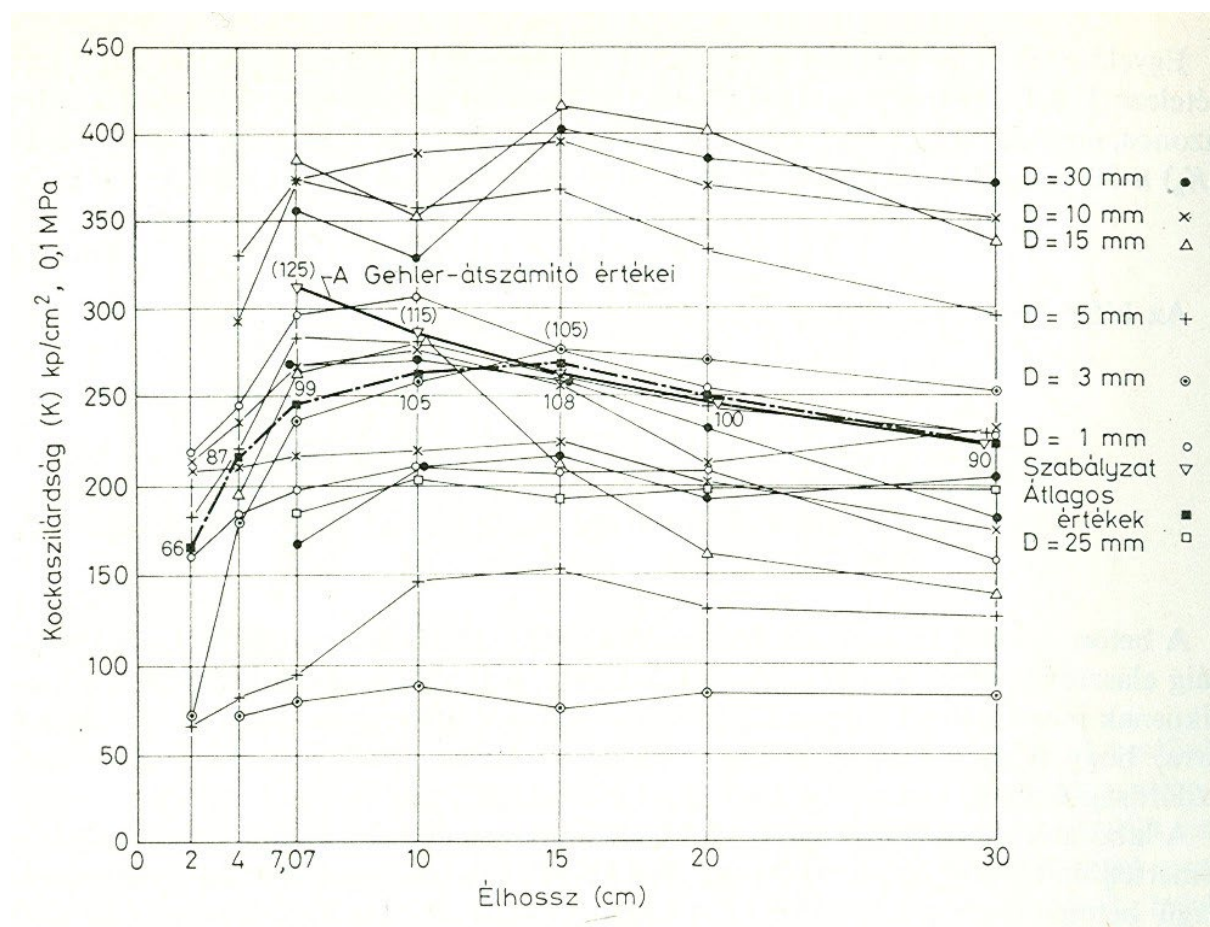
$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{1,20} = 0,83 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,92} = 1,09 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,92}{1,20} \times f_{ci,cube,150,H} = 0,77 \times f_{ci,cube,150,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,92}{1,20} \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = 0,77 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H}$$

A Műegyetem Beton és Vasbeton Laboratóriumában Gyengő Tibor összehasonlító kísérletei után mintegy negyvenöt évvel újra kutatták a próbatestek alakjának és méretének hatását a nyomószilárdságra. Palotás László (1980) szerint a legnagyobb nyomószilárdságot adó próbakocka élhosszúságánál kisebb és nagyobb élhosszúságú próbakockák egyaránt kisebb nyomószilárdságot adnak (20.1.2.4. ábra). A 20.1.2.4. ábrán az adalékanyag D legnagyobb szemmagysága 5 mm alatt négyzetlyukú, 5 mm-től felfelé körlyukú szitán értendő. A legnagyobb szemmagyság – ha az élhosszúság és a legnagyobb szemmagyság viszonya nem túl kicsi – a nyomószilárdsági viszonyokat lényegesen nem befolyásolja, írta Palotás László.



20.1.2.4. ábra: Különböző D legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített betonok nyomószilárdsága a próbakockák élhosszúsága függvényében (Palotás – Balázs 1980).

A Műegyetemen végzett kísérletek eredményeit Halász István (1982) a különböző méretű vegyesen tárolt próbakockák és próbahengerek átlagos nyomószilárdságának átszámítási tényezőinek megadásával foglalta össze (20.1.2.7. táblázat).

20.1.2.7. táblázat: Halász-féle nyomószilárdság átszámítási tényezők

Átszámítási tényező								
150 mm élhosszúságú próbakockán értelmezett nyomószilárdságra			150 mm átmérőjű próbahengeren értelmezett nyomószilárdságra			Próbahenger karcsúságától (magasság/átmérő) függő tényező		
Élhossz mm	Nyomószilárdság N/mm ²		Átmérő mm	Nyomószilárdság N/mm ²		Magasság és átmérő hányadosa	Nyomószilárdság N/mm ²	
	≤ 20	> 20		≤ 20	> 20		≤ 20	> 20
300	1,11	1,09	200	1,08	1,07	3,0	1,10	1,08
200	1,05	1,03	150	1,00	1,00	2,5	1,05	1,04
150	1,00	1,00	100	0,92	0,91	2,0	1,00	1,00
100	0,92	0,94	80	0,87	0,88	1,5	0,93	0,94
70,7	0,94	0,96	70	0,85	0,86	1,0	0,83	0,86
—	—	—	—	—	—	0,5	0,66	0,72

–	–	–	Próbahengerek esetén először a 150 mm átmérőjű, majd a 2,0 magasság/átmérő hányadosú (Ø150×300 mm méretű) hengerre való átszámítást kell elvégezni.
---	---	---	---

A vegyesen tárolt Ø100×200 mm és Ø150×300 mm méretű próbahengereken meghatározott nyomószilárdságok kapcsolata ma használatos jelölésekkel a *Halász-féle* átszámítási tényezővel (20.1.2.7. táblázat), interpolálással (a 150 mm átmérőjű hengerre való átszámítás után a magasság/átmérő hányadosa $200/150 = 1,33$, és a karcsúságtól függő tényező 0,896, illetve 0,913) a következőképpen írható fel:

– ha $f_{ci,cyl,H} \leq 20 \text{ N/mm}^2$, akkor:

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300, H} = 0,92 \times 0,896 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200, H} = 0,82 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200, H}$$

– ha $f_{ci,cyl,H} > 20 \text{ N/mm}^2$, akkor:

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300, H} = 0,91 \times 0,913 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200, H} = 0,83 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200, H}$$

Helyesebbnek tartjuk azonban, ha a 100 mm átmérőjű próbahengerek nyomószilárdságának kapcsolatait a C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.6. táblázatból nyert

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300, H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{1,20} = 0,83 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100, H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,92} = 1,09 \times f_{ci,cube,200,H}$$

összefüggésekből kiindulva írjuk fel:

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300, H} = \frac{0,83}{1,09} \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100, H} = 0,76 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100, H}$$

Ennek jobb oldalát megszorozva az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 1. táblázata (lásd e könyv 9.3. táblázatát) szerinti 1,18 értékű korrekciós tényezővel, kapjuk, hogy

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300, H} = 1,18 \times 0,76 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100, H} = 0,90 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200, H}$$

Ugyancsak az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 1. táblázatából adódik – mert $1/1,18 = 0,85$ –, hogy

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300, H} = 0,85 \times f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 150, H}$$

Hilsdorf (1992) hivatkozva *Dornauer* (1991) kutatására a 28 napos beton kizsaluzás után víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán és vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott nyomószilárdságának viszonyát az általánosan elfogadott $f_{c,ISO} = 0,92 \times f_{c,DIN}$ összefüggéssel fejezte ki, utalva arra, hogy a víz alatti tárolást az ISO 4012:1978 nemzetközi szabvány írta elő, és a vegyes tárolás a DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti gyakorlat volt. A szóban forgó összefüggés a mai jelölésekkel a következő alakot veszi fel:

$$f_{ci,cube} = 0,92 \times f_{ci,cube,H}$$

Ezt az összefüggést alkalmazza az MSZ 4798:2016 szabvány is a legfeljebb C50/60 nyomószilárdsági osztályú vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockákon meghatározott nyomószilárdságoknak a víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockákhoz tartozó nyomószilárdságokra való átszámítására.

Igazodva a Model Code 2010:2012 (*fib* bulletin 65) 5.1.4 fejezetében ki nem mondott felfogásához, miszerint a nyomószilárdsági osztályok (lásd e könyv 8.1. és 8.2. táblázatát)

megfogalmazott rendszerének feltétele, hogy a Ø150×300 mm méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahengereken meghatározott nyomószilárdság szórásának és a 150 mm élhosszúságú ugyanilyen jellemzőjű próbakockákon meghatározott nyomószilárdságok szórásának a hányadosa ugyanakkora, mint ezen nyomószilárdságok átlagának hányadosa, *J. Schnell* és szerzőtársai (2016) szerint:

- C50/60 nyomószilárdsági osztályig (szokványos, de nem nagyszilárdságú betonok esetén):

$$f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}, \text{ illetve } f_{ci,cyl} = 0,81 \times f_{ci,cube}$$

- C55/67 nyomószilárdsági osztálytól (szokványos nagyszilárdságú betonok esetén):

$$f_{cm,cyl} = 0,84 \times f_{cm,cube}, \text{ illetve } f_{ci,cyl} = 0,84 \times f_{ci,cube}$$

- valamennyi szokványos (közönséges, normál) beton esetén:

$$f_{cm,cyl} = 0,82 \times f_{cm,cube}, \text{ illetve } f_{ci,cyl} = 0,82 \times f_{ci,cube}$$

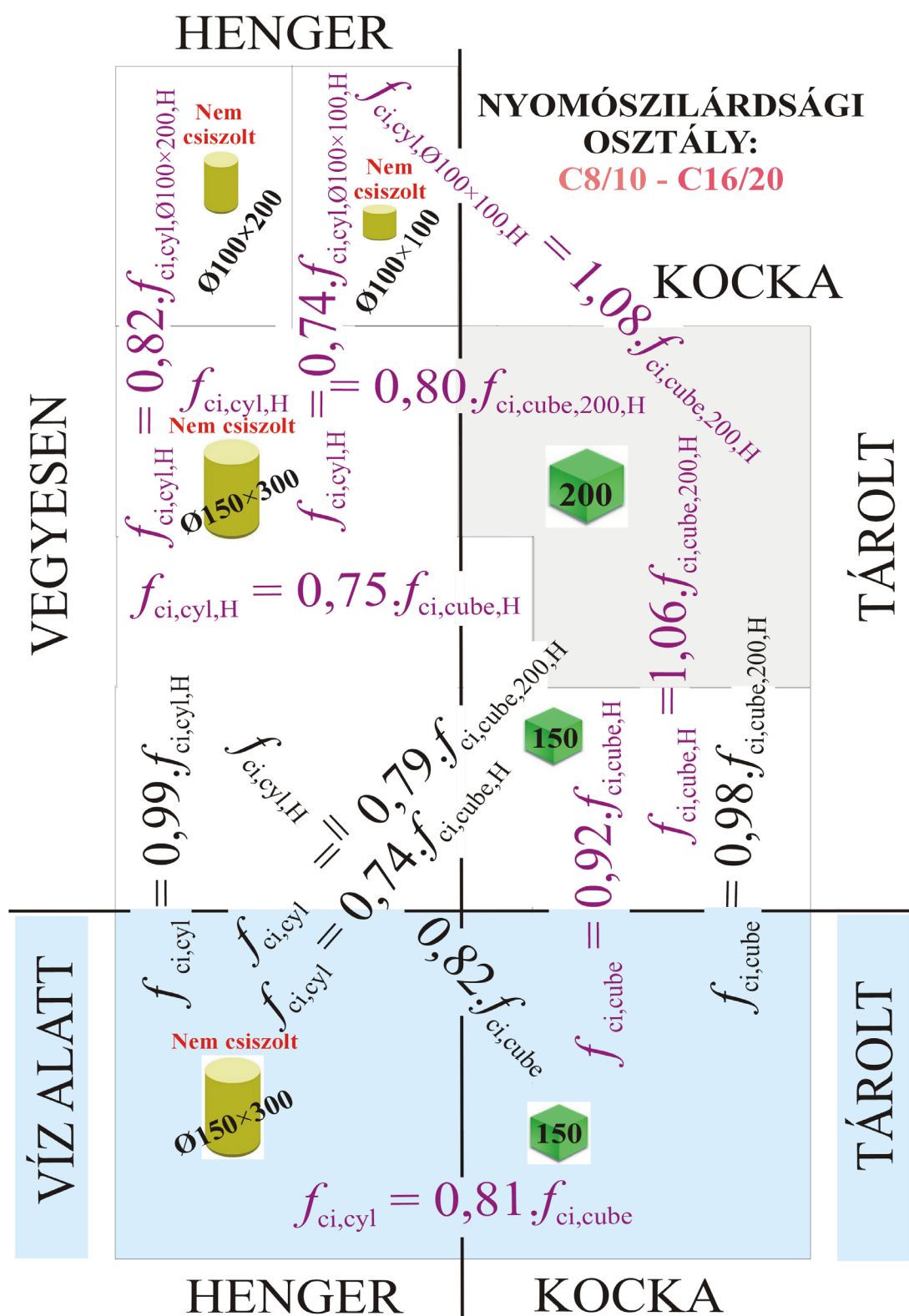
Az irodalomban általában az utóbbi összefüggéssel lehet találkozni (*Schnell et al.*, 2010), (*Loch*, 2014), (*Thiele et al.*, 2016).

A különböző feltételekhez tartozó egyes, illetve átlagos nyomószilárdságokat a C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.5. ábrabeli, a C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.6. ábrabeli, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.7. ábrabeli összefüggés-rendszer segítségével feleltethetjük meg egymásnak.³³⁸ A 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábrákon lila színnel a fenti MSZ 4715-4:1972 szabvány szerinti, valamint a felhasznált *Halász*-, *Hilsdorf*- és *Schnell*-féle összefüggéseket, fekete színnel az ezekből számtani művelettel származtatott összefüggéseket írtuk fel.

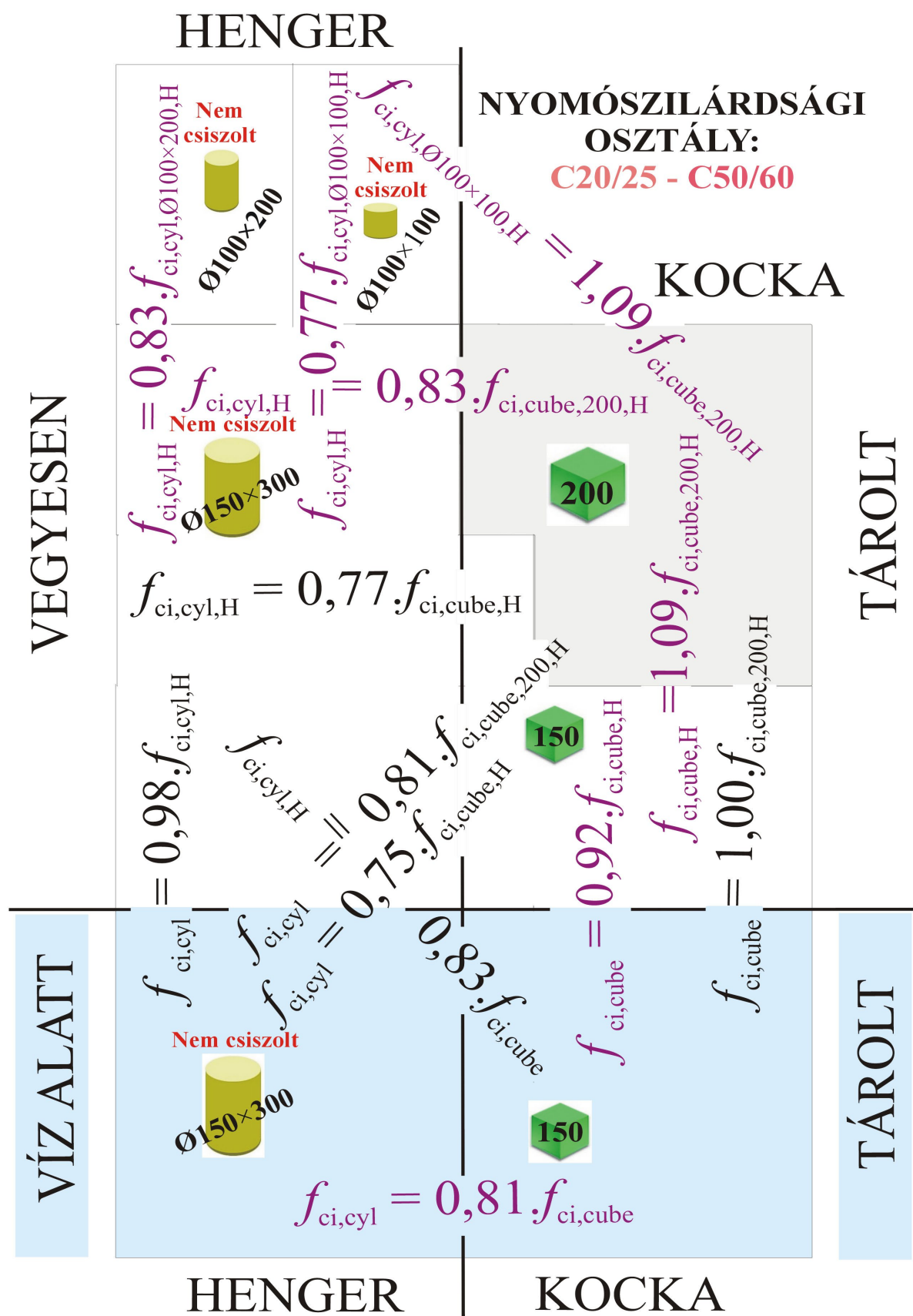
Hangsúlyozni kell, hogy a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra szerinti összefüggések összehasonlító kísérletek eredményein alapulnak, következésképpen azok fizikai tartalmat fejeznek ki, ezért ezek az összefüggések kizárólag az R_i , illetve R_m vagy az f_{ci} , illetve f_{cm} jelű egyedi, illetve átlagos nyomószilárdságok kapcsolatának kifejezésére alkalmasak, és teljesen alkalmatlanok a nyomószilárdságok jellemző (karakterisztikus) értékének, illetve a nyomószilárdsági osztályoknak az átszámítására, hiszen az átlagos nyomószilárdságok viszonyát az alulmaradási tágasság ($t_n \times s$, illetve $\lambda_n \times s$) eltorzíthatja. Magyarán, a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra összefüggéseibe R_m helyett R_k -t, vagy f_{cm} helyett f_{ck} -t írni nem szabad, mert akkor ezek az összefüggések elvesztik érvényüket.

³³⁸ A legfeljebb a C8/10 – C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonok közönséges betonok, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú betonok nagyszilárdságú közönséges betonok. A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha az átlagos nyomószilárdsága 60 – 150 N/mm² között van.

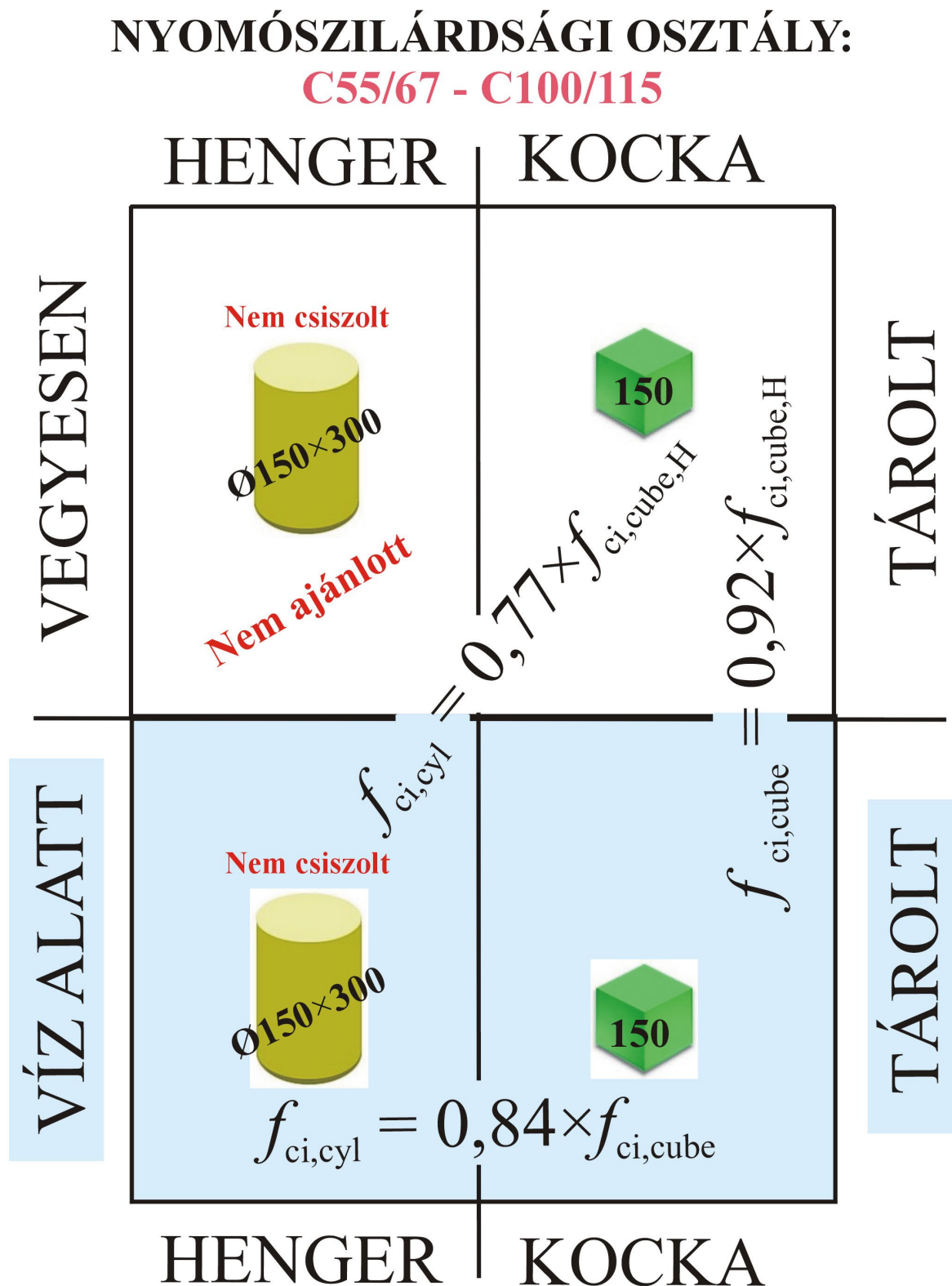
A Model Code 2010 szerint C12 a legkisebb nyomószilárdsági osztályú beton. A Model Code 2010 a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont is ismeri.



20.1.2.5. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C8/10 – C16/20



20.1.2.6. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C20/25 – C50/60



20.1.2.7. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C55/67 – C100/115

A 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra összefüggései a 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos szokványos (nem könnyű, nem nehéz, nem szálerősítésű) betonpróbatestek nyomószilárdsága egyes vagy átlagos értékének a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására alkalmazhatók, de nem érvényesek a nyomószilárdság jellemző értékének és következésképpen a beton nyomószilárdsági osztályának a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására, mert az egyes vagy átlagos nyomószilárdságok próbatest alaktól és mérettől függő viszonyát az alulmaradási tágasság eltorzíthatja.

Ezen állításunk alátámasztására vizsgáljuk meg, hogy mely esetben állhat fenn a következő összefüggés, azaz a szabványos próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága jellemző értékének hányadosa ($f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$) mely esetben egyenlő a szabványos próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosának ($f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$) értékével, ha Δ_{lv} az alulmaradási tágasság:

$$\frac{f_{ck,cyl}}{f_{ck,cube}} = \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}}$$

$$\frac{f_{cm,cyl} - \Delta_{lv,cyl}}{f_{cm,cube} - \Delta_{lv,cube}} = \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}}$$

$$f_{cm,cube} \times \Delta_{lv,cyl} = f_{cm,cyl} \times \Delta_{lv,cube}$$

$$\frac{\Delta_{lv,cyl}}{\Delta_{lv,cube}} = \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}}, \text{ illetve } \frac{\Delta_{lv,cyl}}{f_{cm,cyl}} = \frac{\Delta_{lv,cube}}{f_{cm,cube}}$$

vagy axiómaként felírva:

$$\frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}} = \frac{f_{cm,cyl} - \Delta_{lv,cyl}}{f_{cm,cube} - \Delta_{lv,cube}} = \frac{f_{cm,cyl} - \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}} \times \Delta_{lv,cube}}{f_{cm,cube} - \Delta_{lv,cube}}$$

Tehát a szabványos próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága jellemző értékének hányadosa ($f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$) csak abban az esetben egyenlő a szabványos próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosával ($f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$),

- ha a próbahengerek és próbakockák alulmaradási tágasságának hányadosa ($\Delta_{lv,cyl}/\Delta_{lv,cube}$) egyenlő a próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosával ($f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$), illetve
- ha az alulmaradási tágasság és az átlagos nyomószilárdság hányadosa (Δ_{lv}/f_{cm}) próbahengerek és próbakockák esetén egyenlő, más szóval, ha az alulmaradási tágasság (például $t_n \times s_n$) arányos az átlagos nyomószilárdsággal, vagy ami ugyanaz, a relatív szórás értéke a próbahengerek és a próbakockák esetén azonos.

Ebből következik, hogy konstans alulmaradási tágasság esetén, illetve, ha $\Delta_{lv,cyl} = \Delta_{lv,cube}$, akkor a próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága jellemző értékének hányadosa nem egyenlő a szabványos próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosával.

Ez egyébként egy rendkívül egyszerű számpéldán is belátható:

$$0,8 = \frac{4}{5} \neq \frac{4-1}{5-1} = \frac{3}{4} = 0,75, \text{ míg } 0,8 = \frac{4}{5} = \frac{4-1}{5-1,25} = \frac{4-0,8 \times 1,25}{5-1,25} = 0,8$$

ahol a kivonandók hányadosa $0,8 \times 1,25 / 1,25$ szintén 0,8-del egyenlő.

Összegezve: A 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra összefüggései a 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos szokványos (nem könnyű, nem nehéz, nem szálerősítésű) betonpróbatestek nyomószilárdsága egyes vagy átlagos értékének a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására alkalmazhatók, de nem érvényesek a nyomószilárdság jellemző értékének és következésképpen a beton nyomószilárdsági osztályának a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására.

20.1.3. Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásmentes és kevésbé roncsoló módszerrel

Megnézni: DAfStb Heft 619. meg van nekem

A roncsolásmentes és kevésbé roncsoló nyomószilárdság vizsgálat célja az építménybe beépített beton nyomószilárdságának közvetett meghatározása a beton mechanikai károsítása, illetve jelentősebb károsítása nélkül. A beton roncsolásmentes és kevésbé roncsoló vizsgálatáról szólva *Weiss (Weisz) György* (1974) és *Palotás László* (1980) számos eljárást, illetve eszközt felsorol, mint például a *Somogyi*-féle forgó-acéltűs behatolást, a *Szmodits*-féle ingás kalapácsot, a *Cristofoli*-féle ejtőorsót, a *Bölcskei-Szalai*-féle sarokdarabka lepattintó módszert, a *Baumann-Zorn*-féle golyóbenyomó kalapácsot, a *Schmidt*-féle rugóskalapácsot, a *Waitzmann*-féle átalakított *Poldi*-kalapácsot, a *Perfilijev*-féle kihúzó vizsgálatot stb., hogy csak a 40-50 évvel ezelőtti legfontosabb mechanikai eljárásokat említsük.

A számos roncsolásmentes, illetve kevésbé roncsoló beton vizsgálati módszer közül – a rugalmassági modulus mérésére alkalmas rezonancia-frekvencia meghatározást nem ideszámítva – napjainkban csak hármat találtak európai szabványosításra érdemesnek, nevezetesen a *Schmidt*-kalapácsos vizsgálatot (MSZ EN 12504-2:2013), az ultrahang terjedési sebesség mérését (MSZ EN 12504-4:2005) és a kihúzóerő (MSZ EN 12504-3:2005) meghatározását. Hazánkban a közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatát az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás szerint kell végezni. Az említett szabványokban és műszaki előírásban, valamint az irodalomban (például: *Weiss*, 1974; *Borján*, 1981; *Szilágyi és Borosnyói*, 2008) feldolgozott eljárások közül a gyakorlatban a *Schmidt*-kalapácsos visszapattanás mérési módszer alkalmazása terjedt el a legjobban, legkevésbé pedig a kihúzóerő meghatározása.

A roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálati módszerek alkalmazásának szigorú feltételei vannak.

20.1.3.1. Nyomószilárdság meghatározása *Schmidt*-kalapáccsal

MEG KELL NÉZNI: DAfStb DIN EN ., szerző: Breit, W. – Merkel, M. zöld füzetet.

Ennek bevezetésében írják:

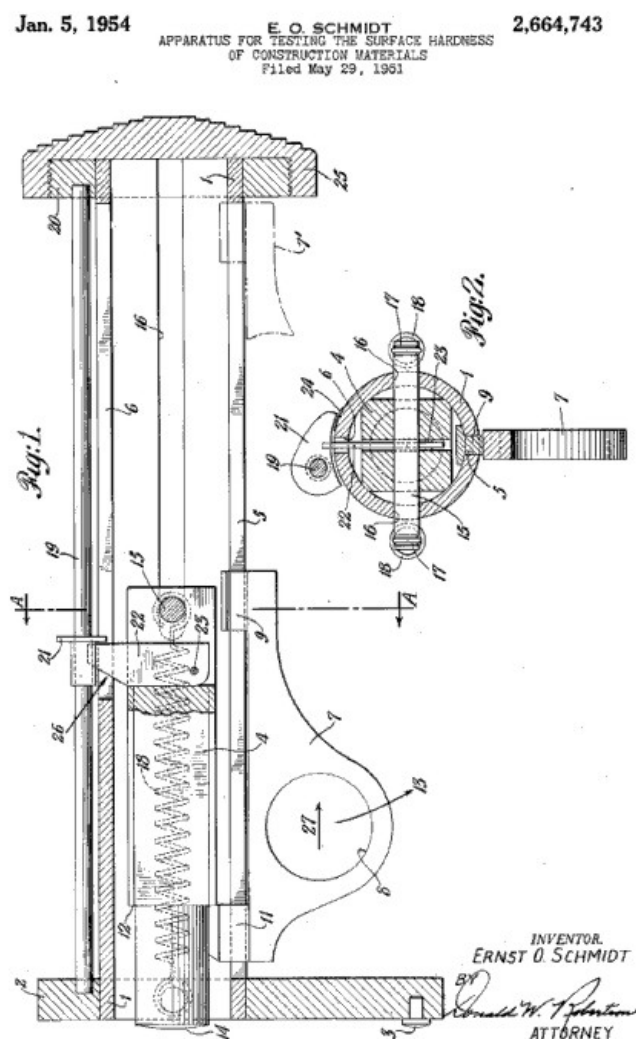
1991-ben a Bn 100-tól Bn 550-ig terjedő beton nyomószilárdsági osztályokat B 10-ről B 55-re alakították át. Nem történt változás a beton szilárdsági osztályhoz való skálaosztások hozzárendelésében. Az E DIN EN 12398:1996 szabványtervezetnél (a Szabványkönyvtárban nem található, ÖNORM-ként megvettem) először 1996-ban határozták meg a medián értéket az értékeléshez, és a DIN EN 13791:2008 (MSZ EN 13791:2008, mai változata: MSZ EN 13791:2019) bevezetése óta a medián értéket a vizsgálati eredményként határozták meg. Ettől az időponttól kezdve a számtani átlag képzése 10 mérési pontból származó értékből már nem volt megengedett. A DIN EN 206-1:2001 bevezetésével a beton szilárdsági osztályai új jelöléseket kaptak. 2001-ben megjelent a DIN EN 12504-2 szabvány is, amely leírja a beton vizsgálatát szerkezetekben a visszapattanó kalapáccsal.

Az épületekben található beton nyomószilárdságának értékelésére szolgáló E DIN EN 13791 tervezetet 2000-ben mutatták be először. A DIN EN 13791 szabvány 2008-as végleges változatában egyes nyomószilárdsági osztályok esetében az egyes mérési pontok minimális mediánját csökkentették a 2000-es tervezethez képest, és a visszapattanási számon keresztül a C50/60 nyomószilárdsági osztályig történő hozzárendelés megtörtént. azóta lehetséges. Az E DIN EN 13791/A20 nemzeti függelék tervezete 2016 márciusában jelent meg. Itt először került sor a beton nyomószilárdsági osztályának becslésére a Q értékek kapcsán. A DIN EN 13791/A20 szabvány végleges nemzeti mellékletét 2017 februárjában tették közzé.

Nagyon érdekes és fontos a DIN EN 13791/A20:2017-02 német melléklet, amely megvan nekem a Technische Baubestimmungen CD-n.

A *Schmidt*-féle rugós kalapács *Ernst O. Schmidt* (1950, 1951, 1954) bázeli építőmérnök találmánya, aki Svájcban 1950. június 7-én, az USA-ban 1951. május 29-én nyújtotta be „Eljárás és készülék építőanyagok felületi keménységének vizsgálatára” című szabadalmát (*Kalt*, 2000). A *Schmidt*-kalapács szabadalmi védeltsége mára lejárt.

Az eredeti *Schmidt*-kalapács (20.1.3.1. és 20.1.3.2. ábra) három lábbal támaszkodott a betonra, nem rendelkezett folyamatosan a betonnal érintkező, az ütköstől elkülönülő ütőcsappal, a mutató visszaállítást, a rugó megfeszítését, az ütés kiváltását kézzel kellett végezni.



20.1.3.1. ábra: Az eredeti, háromlábú *Schmidt*-kalapács metszete az 1954. évi (1951-ben benyújtott) amerikai szabadalmi leírásból (*Schmidt*, Patent US 2,664,743, 1954)

20.1.3.2. ábra: Az eredeti, háromlábú *Schmidt*-kalapács modellje az *Ernst* és *Albert Schmidt* munkásságát bemutató albumból (*Schmidt, F. W. et al.*, 2014)

A *Schmidt*-kalapács megszerkesztésének gondolatára az vezette *Ernst Schmidt*et, hogy zürichi munkahelyén látta, amint az EMPA szakértője, *Mirko Roš*³³⁹ a betont közönséges kalapáccsal

³³⁹ *Mirko Roš* (1879 Zágráb – 1962 Zürich) statikus, acélszerkezeti tervező, az ETH (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich) egyetemi tanára, az EMPA igazgató-elnöke. Főiskolai tanulmányait 1898-1899-ban a

ütögetve, az ütés hangjából és a kalapács visszarugásából igyekezett megbecsülni a beton szilárdságát.

A *Schmidt*-kalapács rugós szerkezet, amelynek használata során a megfeszített ütőrugó az ütőkost a vizsgálandó felületre illesztett ütőcsaphoz repíti, ahonnan az visszapattan. Az ütőkost a visszapattanás során az ütőrugót a visszapattanási energiával arányos mértékben újból megfeszíti. A visszapattanási és az ütési energia viszonya, illetve az ütközéskor látszólag eltűnt, például maradó alakváltozásra felemésződött, hőre átalakult energia mértéke a beton felületi keménységének függvénye. A keménység a tapasztalatok szerint az anyag egyéb, a szilárdságot is befolyásoló fizikai tulajdonságaira vezethető vissza. Ennek folyamánként az ütőkost számos tényező befolyásolta visszapattanásának mértékéből, illetve sebességéből a beton nyomószilárdságára lehet következtetni. A „visszapattanási érték” a visszapattanási energia és az ütési energia, illetve az ütőkost ütközés utáni és előtti úthossza hányadosából vont négyzetgyök.

A *Schmidt*-kalapácsos vizsgálat általában szerkezetbe beépített betonok nyomószilárdságának meghatározására akkor alkalmazható, ha a beton felületi rétege és belseje között – a felület karbonátosodásától eltekintve – nincs számottevő szövetszerkezeti eltérés. A vizsgált betonnak legalább 100 mm vastagságúnak, merevnek, vagy mereven megtámasztottnak és légszáraz állapotúnak kell lennie, és a karbonátosodási mélysége lehetőleg ne legyen 5 mm-nél több. A száraz betonon nagyobb, a vizes (vízzel telített) betonon kisebb visszapattanást mérhetünk. A beton felülete vakolattól mentes, közvetlenül vizsgálható, sima legyen.

A felületi egyenetlenségeket a *Schmidt*-kalapáchoz mellékelt közepes szemnagyságú szilícium-karbid vagy hasonló anyagú csiszolókövel lehet eltávolítani.

A *Schmidt*-kalapácsokat Ernst O. Schmidt kérésére 1954 óta az akkor Antonio Brandestini által Zürichben alapított Proceq SA gyártotta és forgalmazta „Original Schmidt” márkanéven. A *Schmidt*-kalapácsok prototípusának és a szériagyártásra alkalmas műszereknek a kifejlesztést a Schmidt + Partner Bauingenieure AG mind a mai napig a Proceq SA és az állatorvosi eszközökre szakosodott Eisenhut-Vet AG társasággal szoros együttműködésben végzi.

A ma gyártott *N*-típusú *Schmidt*-kalapács (ütőenergiája 2,207 Nm) a szokványos (közönséges, normál) betonok (20.1.3.3. ábra), az *L*-típusú *Schmidt*-kalapács (ütőenergiája 0,735 Nm) a könnyűbetonok, valamint az 50-100 mm vastagságú betonok vizsgálatára alkalmas. Az *N*- és *L*-típusú alapmodelleket NR, LR regisztrációs változatban (20.1.3.4. ábra) és 1990-től ND, LD (Digi-Schmidt) digitális változatban is gyártják. A 2007-ben a piacra bevezetett SilverSchmidt elnevezésű, szintén digitális *Schmidt*-kalapács a visszapattanás mértéke helyett a visszapattanás sebességét méri; ütőenergiája az alapmodellekével azonos (20.1.3.14. ábra).

A *Schmidt OS-120* típusú *Schmidt*-kalapáccsal (20.1.3.5. ábra) kis szilárdságú anyagok vizsgálhatók. Két változata van: az OS-120PT típus a elsősorban a betonok korai szilárdságának és gipszlemezek szilárdságának mérésére való, visszapattanási mérési pontossága az ellenőrző üllőn 176 ± 3 ; az OS-120PM típus falszerkezetek fugáiban lévő falazóhabarcs szilárdságának mérésére alkalmas, visszapattanási mérési pontossága az ellenőrző üllőn 186 ± 3 .

A *Schmidt OS-120* típusú *Schmidt*-kalapács elődje az elsősorban könnyűbetonok függőleges felületének vizsgálatára alkalmas *P*-típusú *Schmidt*-kalapács (ütőenergiája 0,883 Nm) volt.

belgrádi egyetem műszaki karán kezdte, majd a hannoveri Műszaki Főiskolán (Königliche Technische Hochschule in Hannover) folytatta, ahol 1906-ban építőmérnöki diplomát szerzett. 1926-1949 között az SVMT (Schweizerischer Verband für die Materialprüfungen der Technik) elnöki, 1927-1937 között az Internationaler Verband für Materialprüfung főtitkári feladatait is ellátta. 1932-től képviselte Svájcot a Comité International des Poids et Mesures nemzetközi bizottságban.

E típus kosát függőleges felületek vizsgálatánál csak a nehézségi erő mozgatja, vízszintes felületek vizsgálatánál pedig a nehézségi erő hatását még a beépített rugó ereje egészíti ki.

A tömeg- és útbetonok, repülőtéri burkolatok vizsgálatára használt *M*-típusú *Schmidt*-kalapácsot (ütőenergiája 29,430 Nm) ma már nem gyártják. (20.1.3.6. ábra).

Különlegesség volt a víz alatti mérésekre alkalmas *NA*-típusú *Schmidt*-kalapács..

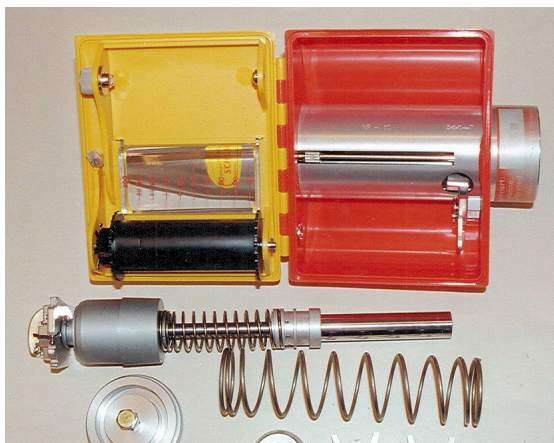
A *P*-, *M*- és *NA*-típusok gyártását idővel a kereslet csökkenése miatt leállították.

Az *Original Schmidt Live* típusú elektronikus, jeladós, adattárolásra és értékelésre alkalmas kézi adatfeldolgozóhoz csatlakoztatható *Schmidt*-kalapács (20.1.3.7. ábra) a Proceq SA legújabb fejlesztése.

A fémek keménységének mérésére alkalmas *Equotip* nevű *Schmidt*-kalapács 1975 óta kapható. Ennek gyártásba vételét *Ernst O. Schmidt* unokaöccse, *Albert Schmidt* fia, *Felix Wendelin Schmidt* kezdeményezte.



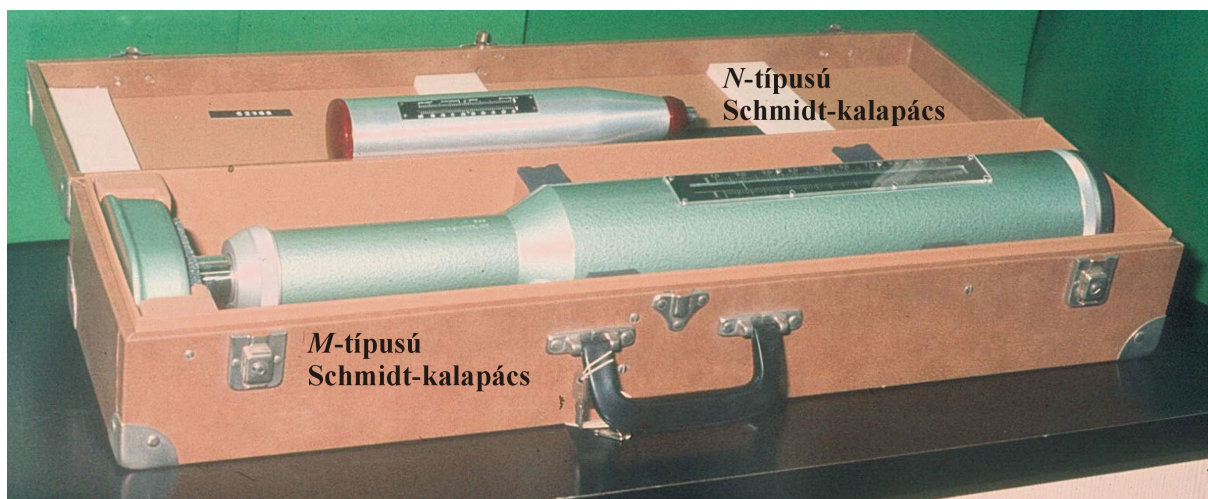
20.1.3.3. ábra: *N*-típusú *Schmidt*-kalapács skálája



20.1.3.4. ábra: *N*-típusú regisztrálós *Schmidt*-kalapács szétszedett állapotban



20.1.3.5. ábra: *OS-120* típusú *Schmidt*-kalapács. Elődje a *P*-típusú *Schmidt*-kalapács (<https://www.pasisrl.it>)



20.1.3.6. ábra: *M*-típusú *Schmidt*-kalapács, összehasonlítva az *N*-típusú *Schmidt*-kalapács méretével



20.1.3.7. ábra: *Original Schmidt Live* típusú *Schmidt*-kalapács
(<https://www.proceq.com/product/original-schmidt-live>)

A svájci Proceq SA honlapján (<https://www.proceq.com>) összefoglaló táblázat található a meggyártott *Schmidt*-kalapácsok főbb jellemzőiről és alkalmazhatóságáról (20.1.3.1. táblázat).

20.1.3.1. táblázat: A *Schmidt*-kalapácsok legfőbb jellemzőinek és alkalmazhatóságának összefoglaló táblázata (<https://www.proceq.com>)

Típus	Original Schmidt Live	Silver-Schmidt	Original Schmidt	Schmidt OS-120	RockSchmidt
Tulajdonság					
Ütőenergia, Nm	Jeladós, kézi adatfeldolgozóval összeköthető,	N tip.: 2,207 L tip.: 0,735	N tip.: 2,207 L tip.: 0,735	0,833	N tip.: 2,207 L tip.: 0,735
Mérési tartomány, N/mm ²	legkorszerűbb elektronikus Schmidt-kalapács	N tip.: 10–100 L tip.: 5-30	N és L tip.: 3–70 Termékismertetőben: 10-70	1–5	20–150
Betonvizsgálat	igen	igen	igen	igen	nem
Kisszilárdságú (<5 N/mm ²) beton vizsgálata	nem	nem	nem	igen	nem
Kővizsgálat	nem	nem	igen	nem	igen
Falazóhabarcs-vizsgálat fugában	nem	nem	nem	igen	nem
Papír-, fólia-, bőr textiltetekercsek vizsgálata	igen	nem	igen	nem	nem
Homogenitás-vizsgálat	igen	igen	igen	nem	igen

A *Schmidt*-kalapácsos vizsgálatot az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerint végezzük, de a visszapattanás mérésnek van például nemzetközi (ISO 8045:2013), amerikai (ASTM C 805/C805M – 13a:2013), kínai (JGJ/T23:2011), belga (NBN B 15-225:1984), francia (NF P 18-417:1989 XP) stb. szabványa is. A vonatkozó angol (BS 1881-202:1986) és német DIN 1048-2:1991 szabványt visszavonták. A magyar szabályozásról alább szólnunk.

Az *N*-, *L*-, *NR*-, *LR*-, *ND*-, *LD*-típusú hagyományos *Schmidt*-kalapácsokkal meghatározott, leolvasott visszapattanási érték ($R = \text{Rückprall}$) a visszapattanó ütőkos útjával ($\Delta s_{\text{visszapattanás}}$) hozzávetőlegesen az

$$R = 1,34328 \times \Delta s_{\text{visszapattanás}} + 10,0; \quad \text{illetve a } \Delta s_{\text{visszapattanás}} = 0,74444 \times R - 7,44444$$

összefüggés szerint arányos, az ütőkos visszapattanási útja ($\Delta s_{\text{visszapattanás}}$) pedig az ütőkos visszapattanási energiája ($E_{\text{ütőkos, visszapattanási}}$) és az ütőrugó ütési rugalmas energiája ($E_{\text{rugó, ütési}}$) hányadosa (Ψ_R) négyzetgyökének függvénye, mert:

$$\Psi_R = \frac{E_{\text{ütőkos, visszapattanási}}}{E_{\text{rugó, ütési}}} = \frac{(F_{\text{visszapattanás}} \cdot \Delta s_{\text{visszapattanás}}) / 2}{(F_{\text{ütés}} \cdot \Delta s_{\text{ütés}}) / 2} = \frac{(D/2) \cdot \Delta s_{\text{visszapattanás}}^2}{(D/2) \cdot 75^2} = \frac{\Delta s_{\text{visszapattanás}}^2}{75^2}$$

$$\text{és } \Delta s_{\text{visszapattanás}} = 75 \times \sqrt{\Psi_R}, \text{ amiből: } R = 100,746 \times \sqrt{\Psi_R} + 10,0;$$

ahol $F_{\text{visszapattanás}} = D \times \Delta s_{\text{visszapattanás}}$ a rugóerő a visszapattanás során, $F_{\text{ütés}} = D \times \Delta s_{\text{ütés}}$ a kihúzott ütőrugó ereje, D a direkciós állandó (a „ c ” rugóállandó reciproka), $\Delta s_{\text{visszapattanás}}$ a visszapattanó ütőkos útja, $\Delta s_{\text{ütés}} = 75$ mm a megfeszített ütőrugó megnyúlása (Brandestini 2010). Például, ha $R = 40$, akkor $\Delta s_{\text{visszapattanás}} = 22,33$ mm és $\Psi_R = 0,08867$.

A *Schmidt*-kalapács működését *Weiss György* (1974) és *Borján József* (1981) könyvében tanulmányozhatjuk, a hagyományos *N*-típusú műszer metszetét szállítási helyzetben mutató rajzát *Weiss György* könyvéből kölcsönöztük (20.1.3.8. ábra).

A műszer megfelelő működését minden mérés sorozat előtt, pontosságát évente, vagy 5000 ütés után ellenőrizni kell, mert elszennyeződhet, a rugók kinyúlhatnak stb. A pontosság-ellenőrzést kizárólag a gyártó cég által forgalmazott kalibráló üllőn szabad elvégezni (e-UT 09.04.11:2017; ÚT 2-2.204:1999). A kalibráló üllő az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerint legalább 52 HRC *Rockwell*-keménységű mérőfelülettel rendelkezik, tömege $16,0 \pm 1,0$ kg és az átmérője mintegy 150 mm.

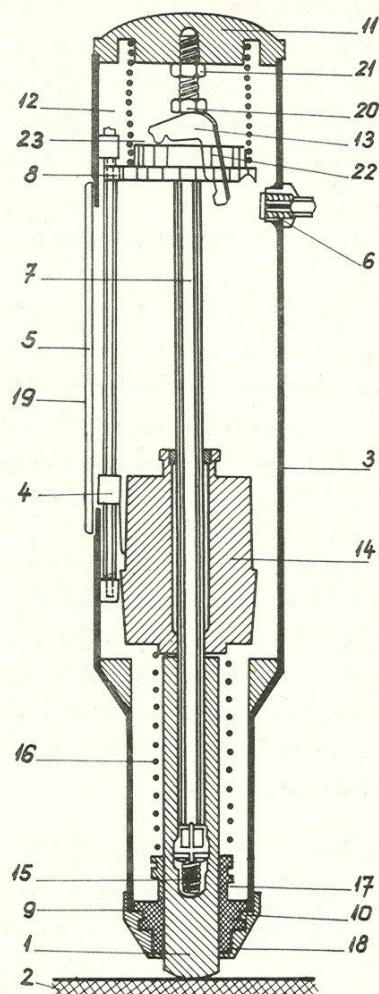
A megfelelő állapotú *Schmidt*-kalapács a kalibráló üllőn 78-82 közötti visszapattanási értéket mutat. Ha az üllőn ennél kisebb értéket kapunk, akkor a mérő helyzetbe hozott *Schmidt*-kalapács zárófedelének (11.) lecsavarása után megkísérelhetjük a hibát a kalibráló csavar (20.) beljebb csavarásával javítani; ha a műszert nem állítjuk mérő helyzetbe, akkor a felhúzórugó (12.) balesetet okozhat. Ha a kalibráló csavar beljebb csavarása nem hoz eredményt, akkor a kalibráló csavart (20.) kissé kifelé kell csavarni, és az ütőrugó (16.) végét az ütőrugó rögzítő elemen néhány furattal áthelyezve meg lehet változtatni a rugófeszítés mértékét (20.1.3.8. ábra). A *Schmidt*-kalapács balesetmentes szétszedését, beállítását, tisztítását és helyes összeszerelését gyakorlott szakembertől kell megtanulni.

A kalapács hőmérséklete a vizsgálat idején $+10$ és $+30$ °C között legyen, amit minden mérés alkalmával ellenőrizni kell.

A visszapattanás mérés végrehajtását és a műszeren leolvasott visszapattanási értékek értékelését az előírásoknak megfelelően kell végezni. Ez azért nem egyszerű feladat, mert a szabványok, műszaki előírások, gyári ismertető a nyomószilárdság becslő összefüggések tekintetében nem egységesek.

Szilágyi Katalin és *Borosnyói Adorján* (2008) összegyűjtötte, összehasonlította és értékelte a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat nyomószilárdság becslő összefüggéseit, és megállapította, hogy ha az irodalomban, előírásokban, szabványokban szereplő „összefüggések valamelyikére alapozva kívánjuk egy műtárgy betonjának nyomószilárdságát becsülni, úgy leginkább a *Proceq-B* görbe, vagy valamely ahhoz közel eső görbe használata javasolható.”

A vízszintes irányú vizsgálatához tartozó *Proceq*-féle becslő összefüggés alapgörbéje, a *Proceq-B* görbe a 20.1.3.9., 20.1.3.10. és 20.1.3.12. ábra középső görbéje, illetve táblázatbeli értéke a 20.1.3.3. táblázat $\alpha = 0^\circ \Rightarrow$ oszlopa.



1. ütőcsap
2. beton
3. műszerház
4. mutató (index)
5. skála
6. rögzítő gomb
7. vezetőrúd
8. vezetőtárcsa
9. porsapka
10. kétrészes gyűrű
11. zárófedél
12. felhúzórugó
13. kioldó szerkezet
14. ütőkos
15. visszalökő rugó
16. ütőrugó
17. hüvely
18. filckarika
19. plexiüvegablak
20. kalibráló csavar
21. ellenanya
22. biztosítószeget
23. kioldó szerkezet rugója

20.1.3.8. ábra: *N*-típusú *Schmidt*-kalapács metszete szállítási helyzetben (Weiss (1974))

A *Schmidt*-kalapácsot gyártó *Proceq SA* nyomószilárdság becslő összefüggése fűrt magminták nyomószilárdságának meghatározása nélkül használható. Az *N/NR*-típusú és az *L/LR*-típusú *Schmidt*-kalapács becslő összefüggését a 20.1.3.9. ábrán, az *N/NR*-típusú *Schmidt*-kalapács becslő összefüggését nagyobb léptékben és eredeti feliratokkal a 20.1.3.10. ábrán tüntettük fel. Ezeknek a becslő összefüggéseknek a használata előtt a műszeren leolvasott visszapattanási értéket több szempont szerint is korrigálni kell. A 20.1.3.9. és 20.1.3.10. ábrán a visszapattanási érték alatt a korrigált visszapattanási értéket kell érteni.

A helyesen beállított *Schmidt*-kalapáccsal mért visszapattanási értékek (R_i) átlagát ($\bar{R}$) a kalibráló üllőn mért visszapattanási értékek átlagának ($R_{\text{üllő}}$) függvényében a következő összefüggéssel korrigálni kell:

$$R_{\text{kalibr}} = \bar{R} \cdot \frac{80}{R_{\text{üllő}}}$$

A kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéket (R_{kalibr}) a beton kora, illetve karbonátosodása függvényében csökkenteni kell, mert a karbonátosodás a beton felületi rétegét keményebbé teszi, ezáltal a visszapattanási érték nagyobb lesz, de a szerkezet nyomószilárdsága a karbonátosodás folytán nem növekszik. A *Proceq SA* (2003) által a hagyományos *N*-, *L*-típusú és digitális *Schmidt*-kalapáccsal meghatározott visszapattanási értékek csökkentésére megadott, a JGJ/T23:2001 számú kínai szabványból levezetett diagramot a 20.1.3.11. ábrán tüntettük fel. A diagram annyiban jól használható, hogy a szükséges korrekció mértékét nem a beton kora, hanem a karbonátosodás mélysége függvényében adja meg, de a megadott karbonátosodási csökkentő tényező európai körülmények között túl

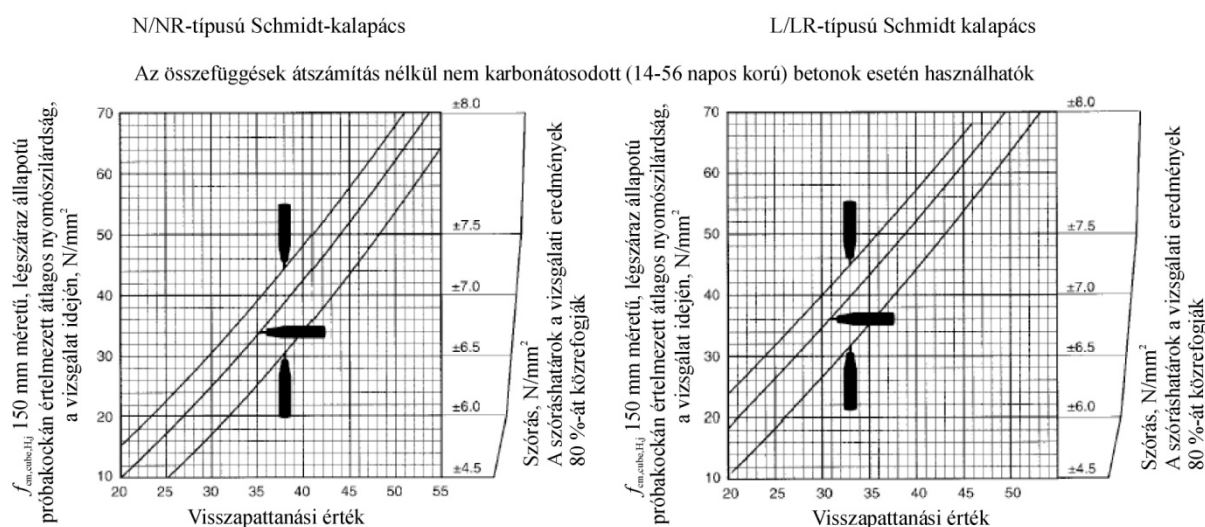
nagynak tűnik. A karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték a beton vizsgálati korában érvényes.

A visszapattanási érték az ütésirány függvénye, mert a vízszintestől eltérő ütésirány esetén a nehézségi erő ütésirányú vektora hozzáadódik a rugóerőhöz, felfelé irányuló vizsgálat esetén növelve, lefele irányuló vizsgálat esetén csökkentve azt.

A beton nyomószilárdsága a felfelé ($\alpha = +90^\circ$) történt vizsgálat – kalibrálási hibával és a karbonátosodás miatt – korrigált visszapattanási értékéből ($R_{v\uparrow}$), illetve a lefele ($\alpha = -90^\circ$) történt vizsgálat – kalibrálási hibával és a karbonátosodás miatt – korrigált visszapattanási értékéből ($R_{v\downarrow}$) a megfelelő ütésirány szerint transzformált becslő görbén közvetlenül leolvasható (20.1.3.9., 20.1.3.10. és 20.1.3.12. ábra).

A *Proceq*-féle *N*-, *NR*-, *ND*-típusú nyomószilárdság becslő összefüggések adott nyomószilárdságú beton vizsgálati iránytól függő visszapattanási értékeit a 20.1.3.2. táblázatban, a beton nyomószilárdságát a visszapattanási érték függvényében a 20.1.3.3. táblázatban tüntettük fel. A 20.1.3.12. ábra becslő görbéit a 20.1.3.3. táblázat adataiból szerkesztettük.

Különleges betonok, például agyagkavics adalékanyagú betonok esetén az itt bemutatott becslő görbék nem alkalmazhatók.



20.1.3.9. ábra: *N/NR*-típusú és az *L/LR* típusú *Schmidt*-kalapács *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggése

Felfelé történő ütés esetén ($R_{v\uparrow}$, $R_{v\nearrow}$), illetve lefele történő ütés esetén ($R_{v\downarrow}$, $R_{v\searrow}$) az irány szerinti ΔR_α korrekció és a karbonátosodás miatt szükséges korrekció után a beton – 150 mm élhosszúságú, légszáraz, próbakockán értelmezett, a vizsgálat idején meglévő – átlagos nyomószilárdsága a vízszintes irányú vizsgálatához tartozó *Proceq*-féle becslő összefüggés alapgörbéje, a *Proceq-B* görbe (20.1.3.9., 20.1.3.10. és 20.1.3.12. ábra középső görbéje) vagy táblázatbeli értéke (20.1.3.3. táblázat $\alpha = 0^\circ \Rightarrow$ oszlopa) felhasználásával is meghatározható. Ugyanis a ΔR_α korrekciós összeadandót az ütésirány szerinti visszapattanási értékhez (felfelé történő ütés esetén: $R_{v\uparrow}$, $R_{v\nearrow}$, illetve lefele történő ütés esetén $R_{v\downarrow}$, $R_{v\searrow}$) előjel szerint hozzáadva a vízszintes ütésirányhoz tartozó visszapattanási értékre jutunk (R_h), amelyből a karbonátosodás miatt szükséges korrekció után a *Proceq-B* görbéből vagy táblázatbeli értékéből a nyomószilárdságot meg tudjuk határozni.

Felfelé történő ($\alpha = +90^\circ$) vizsgálat esetén a nehézségi erő visszapattanási értéket növelő hatását ($\Delta R_{\alpha=+90^\circ}$) a műszeren leolvasott értékből ($R_{v\uparrow}$) le kell vonni. A levonandó érték a

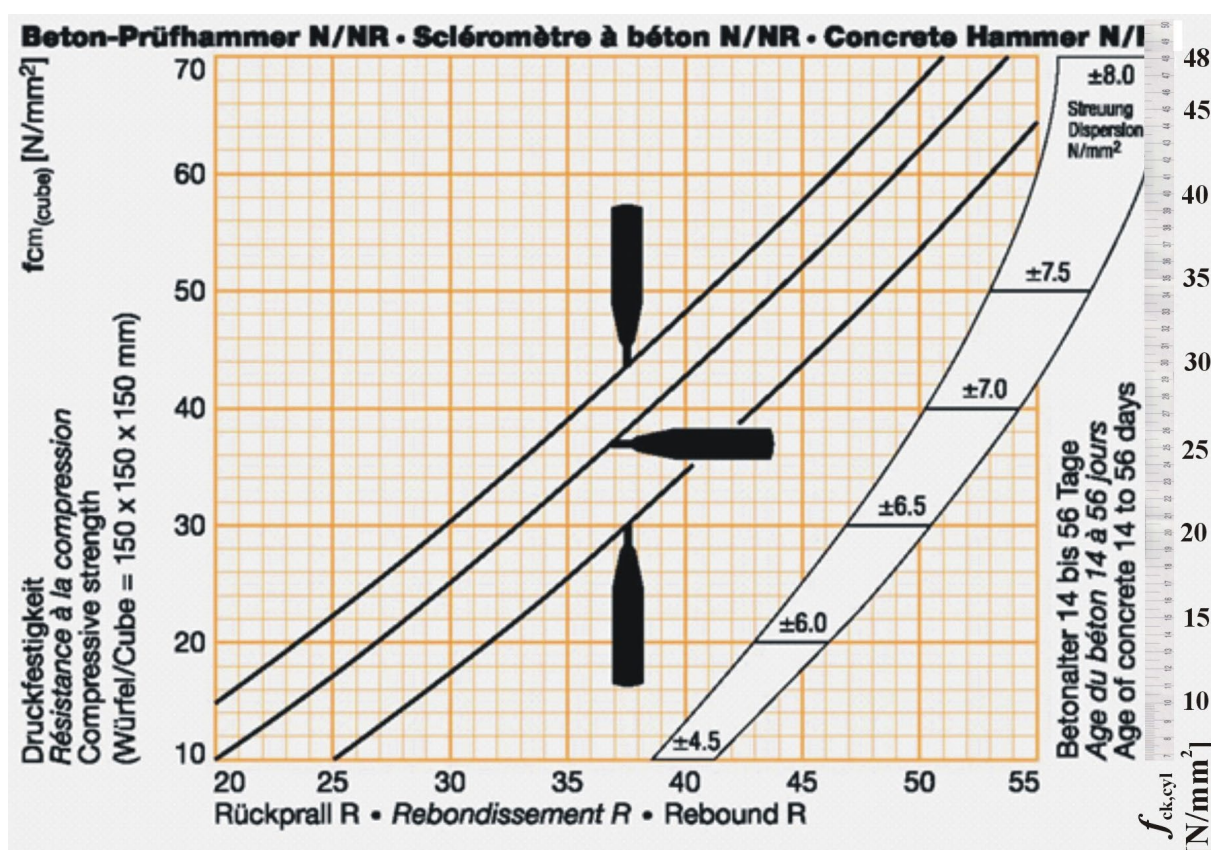
műszeren leolvasott érték ($R_{v\uparrow}$) és az ugyanakkora nyomószilárdsághoz, de vízszintes ütésirányhoz ($\alpha = 0^\circ$) tartozó visszapattanási érték (R_h) különbsége:

$$\Delta R_{\alpha=+90^\circ} = R_{v\uparrow} - R_h$$

Lefele történő ($\alpha = -90^\circ$) vizsgálat esetén a nehézségi erő visszapattanási értéket csökkentő hatását ($\Delta R_{\alpha=-90^\circ}$) a műszeren leolvasott értékhez ($R_{v\downarrow}$) hozzá kell adni. A hozzáadandó érték a műszeren leolvasott érték ($R_{v\downarrow}$) és az ugyanakkora nyomószilárdsághoz, de vízszintes ütésirányhoz ($\alpha = 0^\circ$) tartozó visszapattanási érték (R_h) különbsége:

$$\Delta R_{\alpha=-90^\circ} = R_h - R_{v\downarrow}$$

Az *N*-, *NR*-, *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács ütésirány szerinti ΔR_α korrekciós összeadandóit a 20.1.3.4. táblázat tartalmazza.



20.1.3.10. ábra: *N/NR*-típusú *Schmidt*-kalapács *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggése (https://www.alfatech.eu/katalogi/proceq/Proceq_Schmidt.pdf, 2006),

A 20.1.3.10. ábrán azt látjuk, hogy:

- Az újabb keletű diagram értékkészlete a függőleges tengelyen $f_{cm,cube,150} = 70 \text{ N/mm}^2$ értékig terjed, amely $f_{cm,cyl,\emptyset 150} = 56,7 \text{ N/mm}^2$, azaz $f_{ck,cyl} = 48,7 \text{ N/mm}^2$ értéknek felel meg,
- Az eredeti *Proceq*-diagram értékkészlete a függőleges tengelyen $W_m = 700 \text{ kg/cm}^2$ értékig terjedt ($W = \text{Würfel} = 200 \text{ mm}$ élhosszúságú kocka, $m = \text{mittlerer Wert} = \text{átlagérték}$), amely $f_{cm,cube,200,H} = 68,7 \text{ N/mm}^2$, illetve $f_{cm,cyl,\emptyset 150} = 55,6 \text{ N/mm}^2$, azaz $f_{ck,cyl} = 47,6 \text{ N/mm}^2$ értéknek felelt meg. A kétféle $f_{ck,cyl}$ átlaga $48,15 \approx 48 \text{ N/mm}^2$.
- Ezekhez az $f_{ck,cyl}$ értékekhez *C40/50* nyomószilárdsági osztályú beton tartozik. A szokványos (normál) beton nyomószilárdságának felső határa, illetve a nagyszilárdságú beton nyomószilárdságának alsó határa az MSZ 4798:2016 szabvány szerint $f_{ck,cyl} = 55 \text{ N/mm}^2$, illetve a **Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerinti $f_{ck,cyl} = 50 \text{ N/mm}^2$** , tehát

a diagram értékkészletének felső határa ($f_{ck,cyl} \approx 48 \text{ N/mm}^2$) a szokványos (normál) beton felső határát ($f_{ck,cyl} = 55 \text{ N/mm}^2$, illetve $f_{ck,cyl} = 50 \text{ N/mm}^2$) nem éri el.

Ezért mondjuk, hogy az eredetileg *Schmidt* által tervezett N-típusú kalapács nagyszilárdságú beton (az MSZ 4798:2016 szabvány szerint: C55/67 – C100/115, $f_{ck,cyl} \geq 55 \text{ N/mm}^2$, $f_{cm,cyl} \geq 63 \text{ N/mm}^2$, illetve a **Model Code 2010 és a Model Code 2020 szerint: C50 – C120, $f_{ck,cyl} > 50 \text{ N/mm}^2$, $f_{cm,cyl} > 58 \text{ N/mm}^2$) vizsgálatára nem alkalmas.**

(https://www.alfatech.eu/katalogi/proceq/Proceq_Schmidt.pdf, 2006),

(<http://www.micro-pile.com/schmidt-hammer-20161122/>),

(<https://docplayer.org/19903482-Betonpruefhammer-concrete-test-hammer-sclerometre-a-beton-n-nr-l-lr.html>),

(<http://thesis.univ-biskra.dz/1328/5/partieI%20chapitre%2003.pdf>)

Említésre méltó, hogy az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerint a visszapattanási értéket egy vizsgálati helyen alkalmazott kilenc „ütés” mediánjaként kell kifejezni. A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes betonzvizsgálat eredményét 1996-ig (például az DIN 4240-2:1991 szabvány visszavonásáig), illetve 2004-ig (például az MSZ 4715-5:1972 szabvány visszavonásáig) a mért visszapattanási értékek átlagával kellett, 1996. évet követően pedig (például az EN 12504-2:2001 szabvány elődjét jelentő prEN 123398:1996, E DIN EN 12398:1996, ÖNORM EN 12398:1996, MSZ EN 12504-2:2001, MSZ EN 13791:2007 stb. szabvány bevezetése óta) a mért visszapattanási értékek mediánjával kell megadni.

Ha a mért visszapattanási értékek valószínűségi eloszlása jobbra ferde (jobbra elnyúló), akkor a mediánnal való megadás, ha a mért visszapattanási értékek valószínűségi eloszlása balra ferde (balra elnyúló), akkor az átlaggal való megadás szolgálja a biztonság javát, mert jobbra ferde eloszlás esetén a medián kisebb, mint az átlag, és balra ferde eloszlás esetén az átlag kisebb, mint a medián. A szerkezeten a helyszínen mért visszapattanási értékek eloszlásának ferdesége nem feltétlenül egyezik a szerkezeti beton nyomószilárdsága, még kevésbé a 28 napos korú beton szabványos nyomószilárdsága eloszlásának ferdeségével.

20.1.3.2. táblázat: Adott nyomószilárdságú beton vizsgálati iránytól függő visszapattanási értékei a *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggések alapján *N*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén

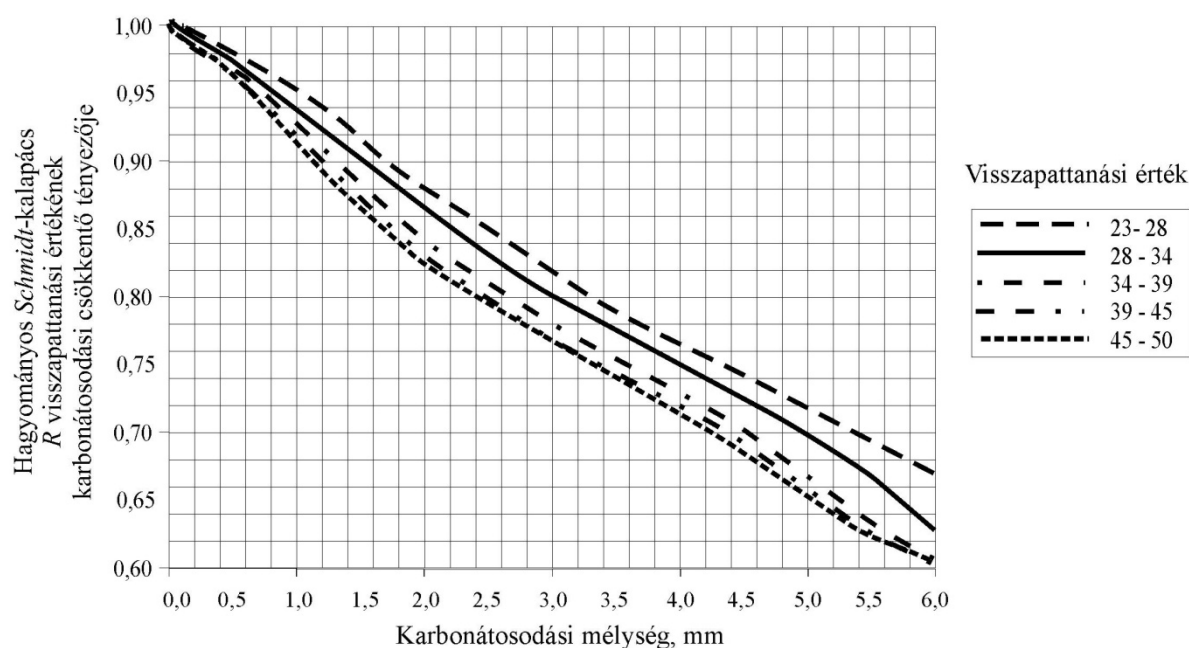
Kalibrálási hibával korrigált visszapattanási érték		
R_h kalibr	$R_{v\uparrow}$ kalibr	$R_{v\downarrow}$ kalibr
$\alpha = 0^\circ$ $\Rightarrow$	$\alpha = +90^\circ$ $\uparrow$	$\alpha = -90^\circ$ $\downarrow$
ütésirány		
20	25,5	16,6
21	26,4	17,6
22	27,3	18,6
23	28,3	19,7
24	29,2	20,3
25	30,1	21,8
26	31,0	22,8
27	31,9	23,9
28	32,9	24,9
29	33,8	26,0
30	34,7	27,0
31	35,6	28,0
32	36,5	29,1
33	37,5	30,1
34	38,4	31,2
35	39,3	32,2
36	40,2	33,2
37	41,1	34,3
38	42,1	35,3
39	43,0	36,4
40	43,9	37,4
41	44,8	38,5
42	45,7	39,5
43	46,7	40,6
44	47,6	41,6
45	48,5	42,6
46	49,2	43,7
47	50,3	44,7
48	51,3	45,8
49	52,2	46,8
50	53,1	47,8
51	54,0	48,9
52	54,9	49,9
53	55,9	51,0
54	56,8	52,0
55	57,7	53,1
56	58,6	54,1
57	59,5	55,2
58	60,5	56,2
59	61,4	57,2
60	62,3	58,3

20.1.3.3. táblázat: A beton ütésiránytól függő nyomószilárdsága a kalibrálási hibával és a karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték függvényében a *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggések alapján az *N*-, *NR*-, *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén

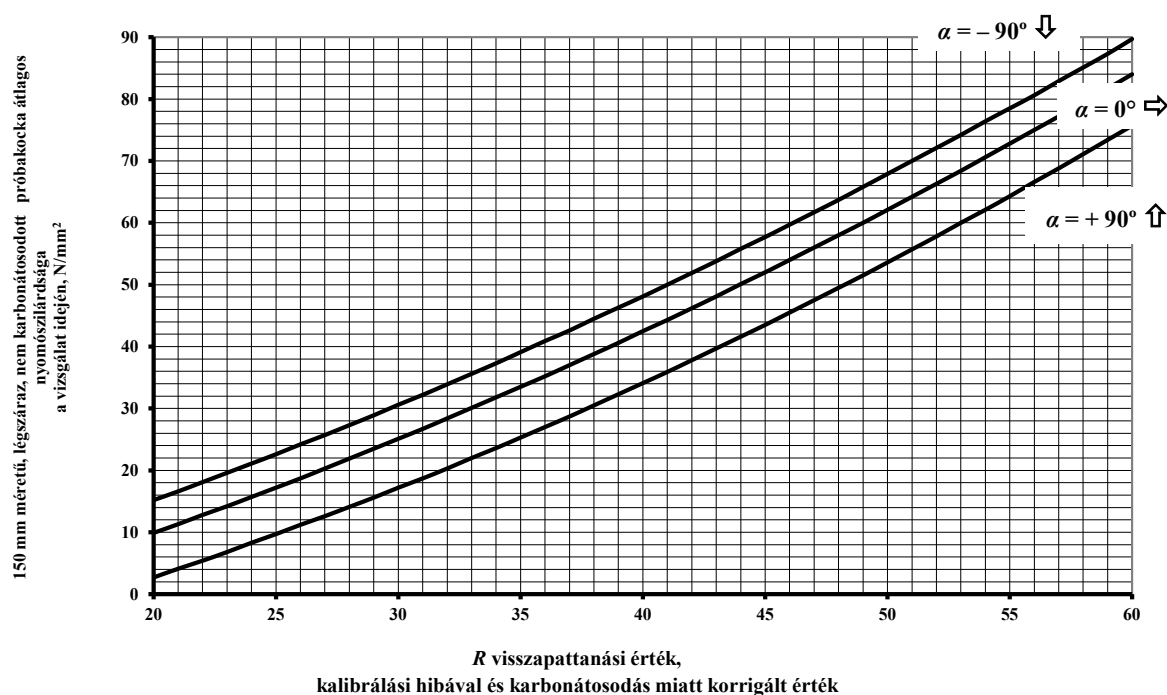
Kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték $R_h, R_{v\uparrow}, R_{v\downarrow}$	150 mm élhosszúságú, légszáraz, nem karbonátosodott próbakocka átlagos nyomószilárdsága a vizsgálat idején, N/mm ²		
	$\alpha = 0^\circ$ $\Rightarrow$	$\alpha = +90^\circ$ $\uparrow$	$\alpha = -90^\circ$ $\downarrow$
	ütésirány esetén		
20	9,9	2,7	15,2
21	11,3	4,1	16,6
22	12,8	5,4	18,1
23	14,2	6,8	19,6
24	15,7	8,3	21,1
25	17,2	9,7	22,6
26	18,7	11,2	24,2
27	20,3	12,6	25,7
28	21,9	14,1	27,3
29	23,5	15,6	28,9
30	25,1	17,2	30,6
31	26,7	18,7	32,2
32	28,4	20,3	33,9
33	30,1	22,0	35,6
34	31,8	23,6	37,3
35	33,5	25,3	39,1
36	35,2	27,0	40,9
37	37,0	28,7	42,6
38	38,8	30,5	44,5
39	40,6	32,3	46,3
40	42,5	34,1	48,1
41	44,3	35,9	50,0
42	46,2	37,8	51,9
43	48,1	39,7	53,8
44	50,1	41,6	55,8
45	52,0	43,5	57,7
46	54,0	45,5	59,7
47	56,0	47,5	61,7
48	58,0	49,5	63,7
49	60,0	51,5	65,8
50	62,1	53,6	67,9
51	64,2	55,7	70,0
52	66,3	57,8	72,1
53	68,4	60,0	74,2
54	70,6	62,1	76,4
55	72,8	64,3	78,5
56	75,0	66,6	80,6
57	77,2	68,8	82,9
58	79,5	71,1	85,1
59	81,7	73,4	87,3
60	84,0	75,7	89,7

20.1.3.4. táblázat: Az *N*-, *NR*-, *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács ütésirány szerinti ΔR_α korrekciós összeadandó értéke. Az $\alpha = +90^\circ$ -os $\uparrow$ és az $\alpha = -90^\circ$ -os $\downarrow$ ütésirányhoz tartozó értékeket a 20.1.3.2. táblázatból számítottuk ki. Az $\alpha = +45^\circ$ -os $\nearrow$ és $\alpha = -45^\circ$ -os $\searrow$ ütésirányhoz tartozó értékek forrása: *Iken et al (2012)*

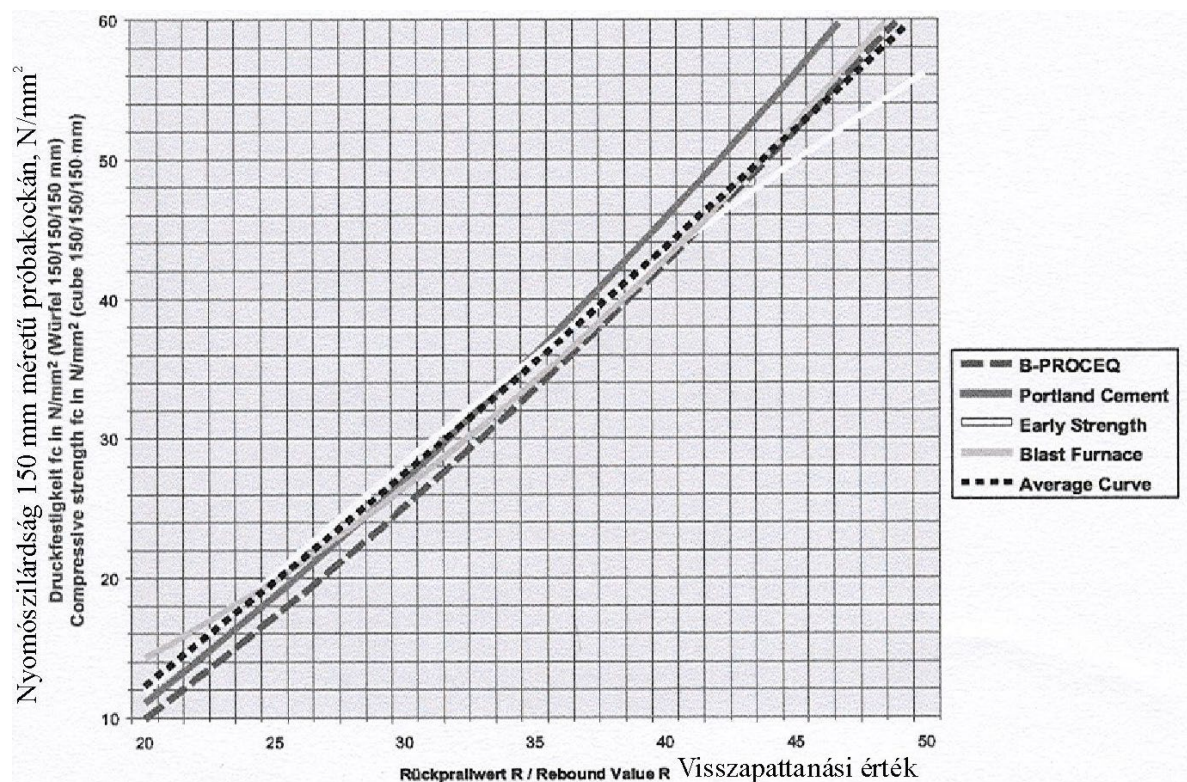
Kalibrálási hibával javított visszapattanási érték vízszintestől eltérő ütésirány esetén $R_{V\uparrow}, R_{V\nearrow}, R_{V\downarrow}, R_{V\searrow}$	Ütésirány, α			
	$+90^\circ$ $\uparrow$	$+45^\circ$ $\nearrow$	-45° $\searrow$	-90° $\downarrow$
	Ütésirány szerinti korrekciós összeadandó, ΔR_α			
20	-5,5	-4,0	+2,0	+3,4
21	-5,4	-3,9	+2,0	+3,4
22	-5,3	-3,8	+2,0	+3,4
23	-5,3	-3,7	+2,0	+3,3
24	-5,2	-3,6	+2,0	+3,7
25	-5,1	-3,5	+2,0	+3,2
26	-5,0	-3,4	+2,0	+3,2
27	-4,9	-3,3	+2,0	+3,1
28	-4,9	-3,2	+2,0	+3,1
29	-4,8	-3,1	+2,0	+3,0
30	-4,7	-3,0	+2,0	+3,0
31	-4,6	-3,0	+2,0	+3,0
32	-4,5	-3,0	+2,0	+2,9
33	-4,5	-3,0	+2,0	+2,9
34	-4,4	-3,0	+2,0	+2,8
35	-4,3	-3,0	+2,0	+2,8
36	-4,2	-3,0	+2,0	+2,8
37	-4,1	-3,0	+2,0	+2,7
38	-4,1	-3,0	+2,0	+2,7
39	-4,0	-3,0	+2,0	+2,6
40	-3,9	-3,0	+2,0	+2,6
41	-3,8	-2,9	+1,9	+2,5
42	-3,7	-2,8	+1,8	+2,5
43	-3,7	-2,7	+1,7	+2,4
44	-3,6	-2,6	+1,6	+2,4
45	-3,5	-2,5	+1,5	+2,4
46	-3,2	-2,4	+1,4	+2,3
47	-3,3	-2,3	+1,3	+2,3
48	-3,3	-2,2	+1,2	+2,2
49	-3,2	-2,1	+1,1	+2,2
50	-3,1	-2,0	+1,0	+2,2
51	-3,0	-2,0	+1,0	+2,1
52	-2,9	-2,0	+1,0	+2,1
53	-2,9	-2,0	+1,0	+2,0
54	-2,8	-2,0	+1,0	+2,0
55	-2,7	-2,0	+1,0	+1,9
56	-2,6	-2,0	+1,0	+1,9
57	-2,5	-2,0	+1,0	+1,8
58	-2,5	-2,0	+1,0	+1,8
59	-2,4	-2,0	+1,0	+1,8
60	-2,3	-2,0	+1,0	+1,7



20.1.3.11. ábra: Karbonátosodási korrekciós diagram a hagyományos *N*-, *L*-típusú és digitális *Schmidt*-kalapács *R* visszapattanási értékének csökkentésére japán kísérletek alapján. A diagramban szereplő karbonátosodási csökkentő tényező európai körülmények között valószínűleg túl nagy (*Proceq SA* 2003)



20.1.3.12. ábra: *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggés *N*-, *NR*- *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén, az ütésirány függvényében a 20.1.3.3. táblázat adataiból szerkesztve



20.1.3.13. ábra: *N*-típusú *Schmidt*-kalapács, vízszintes ütésirányhoz tartozó japán nyomószilárdság becslő összefüggései (*Proceq SA* 2003). „Early Strength” = nagy kezdő szilárdságú portlandcement-beton, „Blast Furnace” = kohósalakcement kötőanyagú beton, „Average Curve” = a három japán becslő görbe átlaggörbéje.

A *Proceq SA* közleményeit tekintve (2003) érdemes pillantást vetnünk az *N*-típusú *Schmidt*-kalapács, vízszintes ütésirányhoz tartozó japán nyomószilárdság becslő összefüggéseire, amelyeket a *Proceq-B* alapgörbével egy koordináta-rendszerben ábrázoltak (20.1.3.13. ábra). Japánban csak az ott kidolgozott „Portland Cement”, „Early Strength” és „Blast Furnace” görbének az „Average Curve” elnevezésű átlaggörbéjét használják. Az „Early Strength” görbét a nagy kezdő szilárdságú portlandcement-betonokon (frühfester Beton), a „Blast Furnace” görbét a kohósalakcement kötőanyagú betonokon (Beton aus Hochofenzement) mért visszapattanási érték nyomószilárdságra való átszámításához dolgozták ki. Európában továbbra is a *Proceq SA* becslő görbéi a legelfogadottabbak.

Évszázadunk elején jelentkezett a *Proceq SA* a mechanikus rendszerű *Schmidt*-kalapács továbbfejlesztett változatával, a *Digi-Schmidt 2000* elnevezésű műszerrel, amely két összetartozó, egységként kalibrált részből, a tulajdonképpeni *Schmidt*-kalapácsból (mérőműszer) és a kijelző készülékből áll. A vizsgálat során a *Schmidt*-kalapács visszapattanó ütkökosának úthosszát a mérőműszerbe beépített szenzor érzékeli, és elektromos jelként, kábelen keresztül a kijelző készülékhez továbbítja. Az elektronika által átalakított jel a kijelző készülék képernyőjén digitálisan és grafikusán is megjeleníti a visszapattanási értéket és adott esetben a hozzátartozó átlagos beton-nyomószilárdságot. A *Digi-Schmidt 2000* műszernek a hagyományos, analóg leolvasású *Schmidt*-kalapáchoz hasonlóan alapvetően két típusa van, a 2,207 Nm üténergiájú *ND*-típus és a 0,735 Nm üténergiájú *LD*-típus. A vizsgálat megkezdése előtt a kijelző készüléken (a műszer szoftver változatától függően):

- be lehet állítani a vizsgálati hely megnevezését (például: épület neve, emelet, szerkezeti elem);
- be lehet állítani az ütésirányt;

- ki lehet választani, hogy a készülék a mért visszapattanási értékek középértékeként az átlagot vagy az EN 12504-2:2012 szabvány 7. fejezetében előírt mediánt számítsa ki. Az átlag kiszámításának beállítása esetén lehetőség adódik egyes vizsgálati eredmények (kijelölt eredmény, legkisebb és legnagyobb eredmény, a középértéktől legalább 20%-kal eltérő eredmények) figyelmen kívül hagyására (eltávolítására, törlésére);
- az átlagos nyomószilárdságra való átszámításhoz többféle lehetőség közül lehet a becslő összefüggést kiválasztani: a készülék ne végezzen átszámítást, a készülék a két beprogramozott *Proceq*-görbe (7 napos korú beton és 14-56 napos korú, nem karbonátosodott beton) valamelyike alapján, a beprogramozott négy japán becslő összefüggés alapján (csak az *ND*-típus esetén), a készülék a vizsgáló személy öt saját összefüggése közül valamelyikkel számoljon;
- be lehet állítani, hogy a két *Proceq*-görbe esetén a kiszámított nyomószilárdság milyen alakú és méretű próbatestre vonatkozzon;
- be lehet állítani, hogy a készülék a vizsgálati eredményt a beton kora vagy karbonátosodási mélysége szerint korrigálja;
- meg lehet adni a figyelembe veendő visszapattanási értékek tartományát (alsó és felső határérték);
- ki lehet választani a képernyőn megjelenő szövegek nyelvét.

A *Digi-Schmidt 2000* műszerbe beépített óra a vizsgálati eredmények dátum és időpont szerinti mentését teszi lehetővé. A műszert számítógéphez lehet csatlakoztatni, és a vizsgálati eredményeket ki lehet nyomtatni.

A *SilverSchmidt*-kalapács beépített elektronikával, digitális kijelzővel, menüstruktúrával, USB-csatlakozóval rendelkezik (20.1.3.14. ábra). A hagyományos *Schmidt*-kalapács mérési eredményét különféle sűrűlódások befolyásolják, amelyek a *SilverSchmidt*-kalapács esetén nem lépnek fel, mert a *SilverSchmidt*-kalapács Q visszapattanási értékét – ellentétben a hagyományos *Schmidt*-kalapács R visszapattanási értékével – nem az ütkökos visszapattanáskor megtett útja függvényében, hanem az $M_{\text{ütkökos}}$ tömegű ütkökos visszapattanási ($v_{\text{visszapattanás}}$) és ütési sebessége ($v_{\text{ütés}}$) négyzetének az arányában (Ψ_Q) fejezik ki (Brandestini 2010):

$$\Psi_Q = \frac{M_{\text{ütkökos}} \cdot v_{\text{visszapattanás}}^2 / 2}{M_{\text{ütkökos}} \cdot v_{\text{ütés}}^2 / 2} = \frac{v_{\text{visszapattanás}}^2}{v_{\text{ütés}}^2}$$

A sebesség meghatározása optikai mérőtranszformátorral történik. A fényáramot az ütkökos felületén lévő barázdák modulálják és továbbítják a fotodiódára. Az így meghatározott ütési-visszapattanási periódusok időtartama az ütési és visszapattanási sebességek kifejezője. A sebességmérés eredményét a nehézségi erő gyakorlatilag nem befolyásolja. A *SilverSchmidt*-kalapács ütkökösa kisebb tömegű, így gyorsabban is teszi meg az oda-vissza utat, az ütköcsapja is könnyebb, mint a hagyományos *Schmidt*-kalapácsé; ezért és a megváltozott mérési technika folytán valamely adott nyomószilárdsághoz tartozó *SilverSchmidt*-kalapáccsal mért Q (Quotiens = hányados) visszapattanási érték nagyobb, mint a visszapattanási úthosszat mérő hagyományos *Schmidt*-kalapácsok R visszapattanási értéke (Marco Brandestini, 2010).

A *Proceq SA* által kifejlesztett *Hammerlink* szoftver adatmentést, adatrendezést, statisztikai egyenletesség vizsgálatot, átlag vagy medián számítást, karbonátosodási korrekciót, a nyomószilárdság számításához próbatest-alak és értékelési módszer választást, eredmény-nyomtatást stb. tesz lehetővé. Az ütésirányt nem kell, és nem lehet beállítani.

Bár a *SilverSchmidt*-kalapács minden egyes ütés esetén ellenőrzi az ütési energiát, a műszert a hitelesítő üllőn tíz ütéssel rendszeresen kalibrálni kell.

A mért Q visszapattanási értékeket a karbonátosodás mértékének függvényében csökkenteni (20.1.3.15. ábra), illetve a műszerrel csökkenteni kell, majd az így csökkentett visszapattanási érték függvényében kell a megfelelő becslő függvénnyel (20.1.3.16. ábra) a valószínű nyomószilárdságot meghatározni, illetve a műszerrel meghatároztatni.

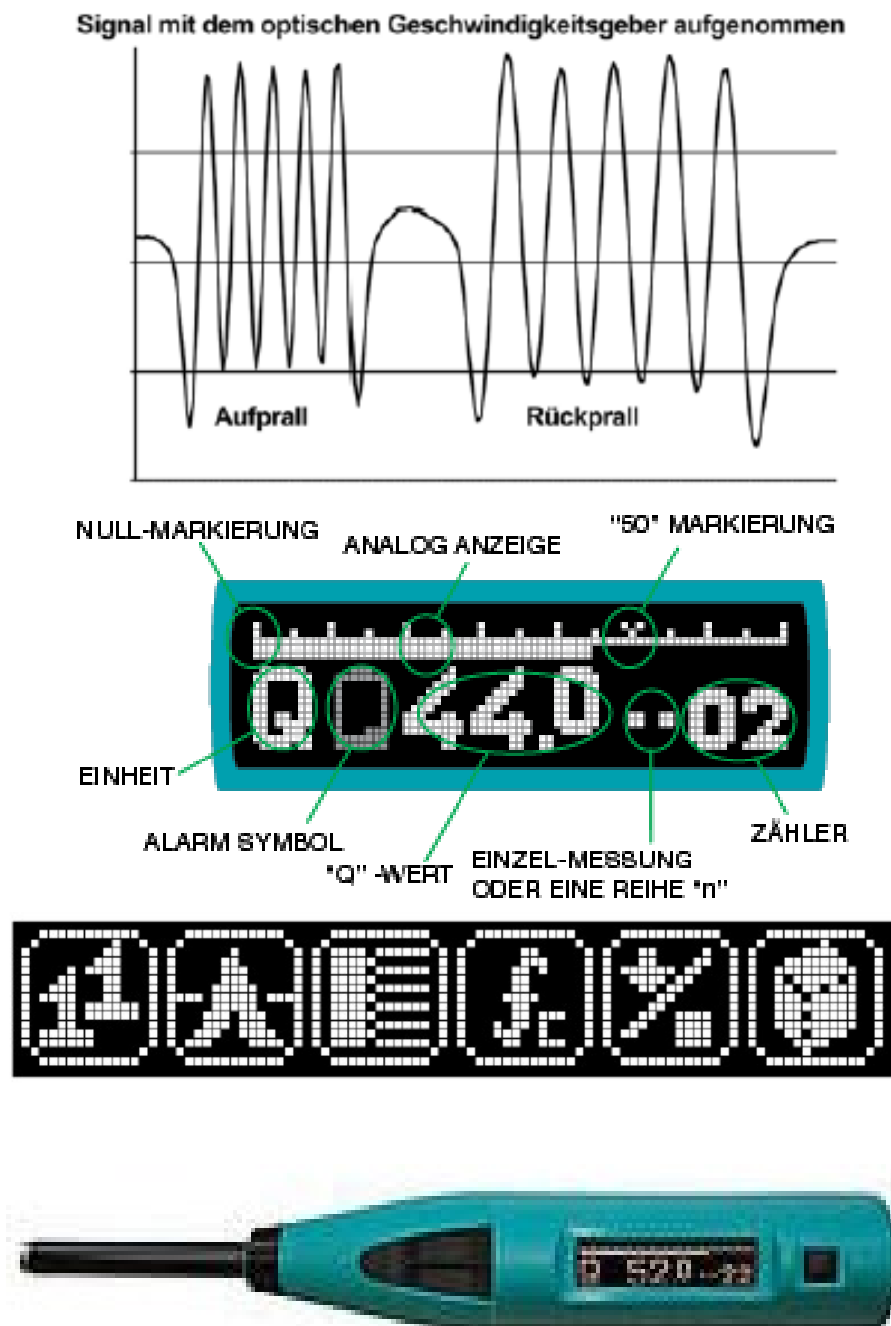
Egyebekben lényegében ugyanazok a rendszabályok és ajánlások érvényesek a *SilverSchmidt*-kalapácsra, mint a hagyományos *Schmidt*-kalapács típusokra.

A 2007 óta kapható *SilverSchmidt*-kalapácsot két változatban gyártják. Az *N*-típusú *SilverSchmidt*-kalapács üténergiája 2,207 Nm, az *L*-típusé 0,735 Nm. Az *N*-típusú *SilverSchmidt*-kalapács legalább 100 mm vastag és tömör szövetszerkezetű betonok esetén, az *L*-típusú a kevésbé tömör, 100 mm-nél vékonyabb betonok esetén használható.

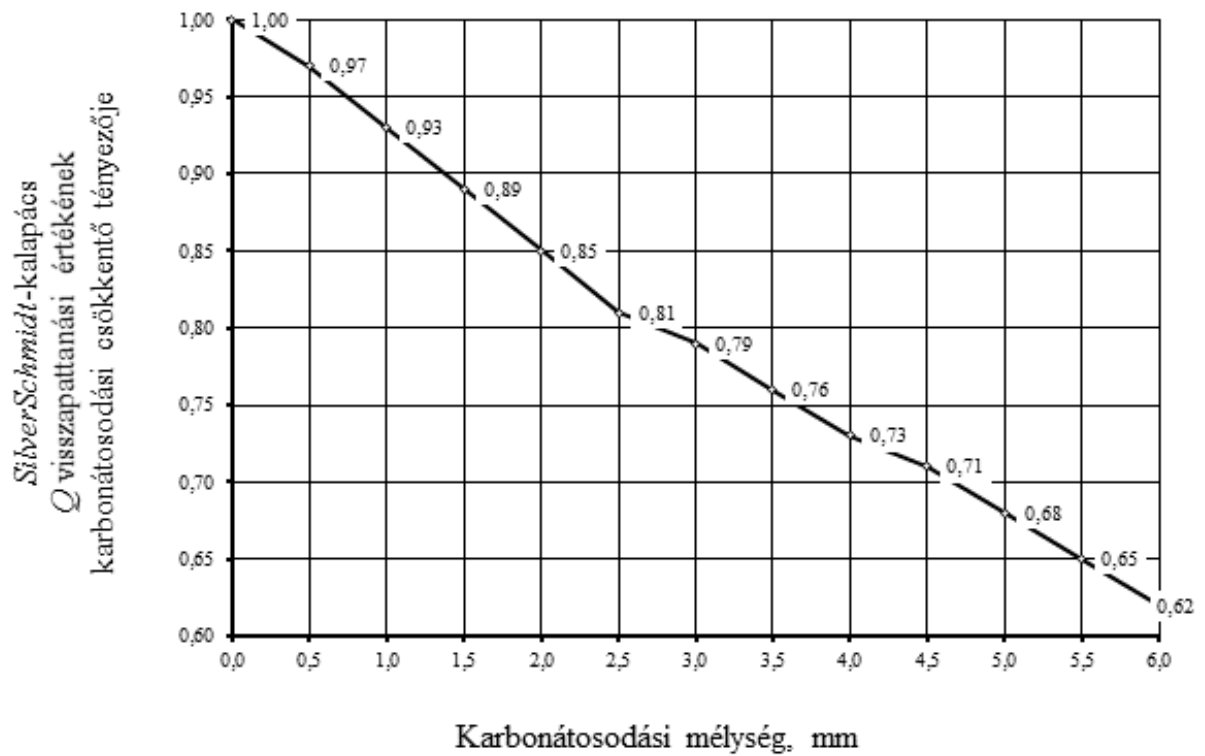
Az *N*-típusú hagyományos *Schmidt*-kalapács R visszapattanási értéke és a *SilverSchmidt*-kalapács Q visszapattanási értéke a $Q \sim 1,33 \times R$, illetve $R \sim 0,75 \times Q$ összefüggéssel közelítőleg átszámítható egymásba (a *Proceq SA* 2012. júliusi közlése, a korábban közzétett átszámítási görbét visszavonták), de a *SilverSchmidt*-kalapácsnak is van közvetlen nyomószilárdság becslő görbéje (20.1.3.16. ábra).

A 20.1.3.16. ábra nyomószilárdság becslő görbéje a Q visszapattanási érték függvényében 90%-os valószínűséggel adja meg a beton várható átlagos nyomószilárdságát.

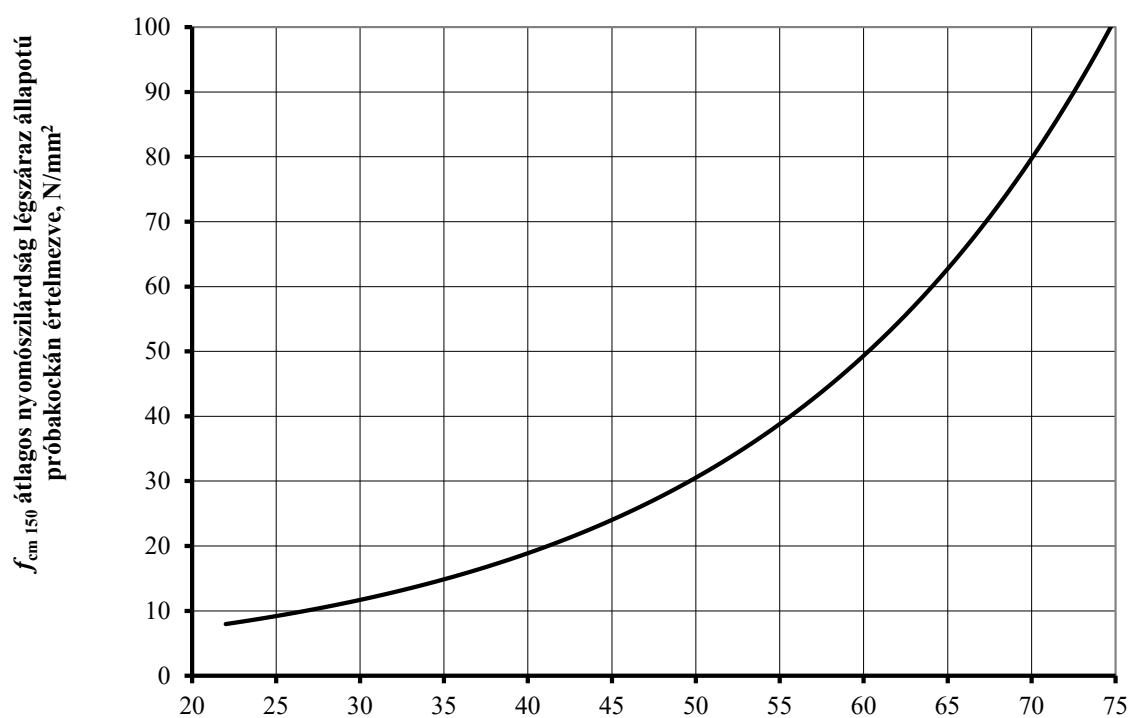
A 20.1.3.17. ábrán látható, hogy az R -görbe meredekebben fut, mint a Q -görbe, és ezért a visszapattanási értékek a nagyobb szilárdságok tartományában is nagyobb biztonsággal határozhatók meg a Q visszapattanási értékkel, mint a hagyományos R visszapattanási értékkel. Az R -görbének – az eljárás és az anyag okozta mérési szórással kapcsolatos – meredek emelkedése nagy nyomószilárdság esetén téves ítéletekhez vezethet, azaz a nyomószilárdság jelentősen alulbecsült lehet (*Breit et al.*, 2019).



20.1.3.14. ábra: *SilverSchmidt*, az ütőkos visszapattanási sebességét mérő *Schmidt*-kalapács modell (*Proceq SA* 2011;
http://www.suspadsz.de/fileadmin/media/download/de/suspa/geraete/Proceq_Brochure_SilverSchmidt_D.pdf)

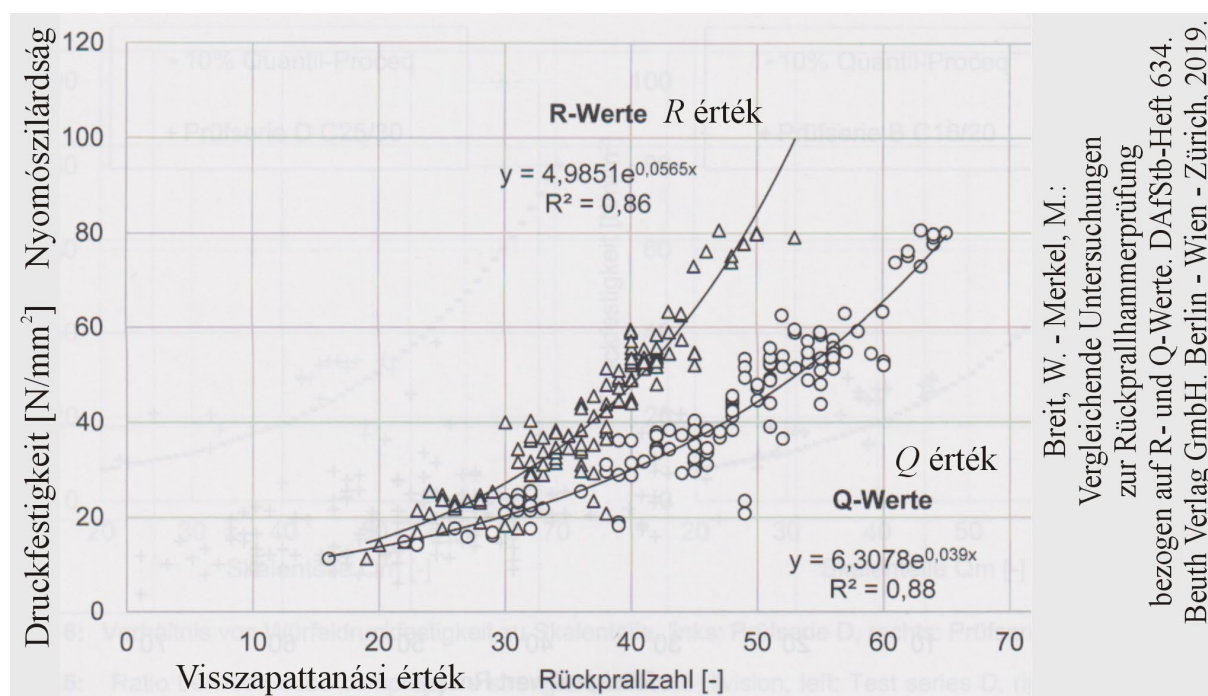


20.1.3.15. ábra: Karbonátosodási korrekciós diagram a *SilverSchmidt*-kalapács Q visszapattanási értékének csökkentésére japán kísérletek alapján. A diagramban szereplő karbonátosodási csökkentő tényező mértéke még nem vált általános gyakorlattá (*Proceq SA* 2007).



Q visszapattanási érték N -típusú *SilverSchmidt*-kalapács esetén

20.1.3.16. ábra: Nyomószilárdság becsülő görbe (10%-os kvantilis) az N -típusú *SilverSchmidt*-kalapáchoz (*Proceq SA* 2007)



Breit, W. - Merkel, M.:

Vergleichende Untersuchungen
zur Rückprallhammerprüfung

bezogen auf R- und Q-Werte. DAFStb-Heft 634.
Beuth Verlag GmbH. Berlin - Wien - Zürich, 2019.

20.1.3.17. ábra: A beton exponenciális függvénnyel kifejezett nyomószilárdsága a hagyományos N -típusú *Schmidt*-kalapács R visszapattanási értéke és a *SilverSchmidt*-kalapács Q visszapattanási értéke függvényében (*Breit et al.*, 2019)

https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/messgeraete-fuer-alle-parameter/betonpruefhammer-sklerometer-pce-instruments-betonpruefhammer-pce-ht-450-det_5941839.htm PCE-HT-450 típusú Schmidt-kalapács nagyszilárdságú betonhoz **Itt ez olvasható:**

Der Betonprüfhammer ist ein analoges Messmittel, um die Betonfestigkeit zu ermitteln. Das Messverfahren vom Betonprüfhammer erfolgt nach dem Schmidt Prinzip. Bei diesem Messverfahren trifft eine kinetische Schlagenergie von dem Betonprüfhammer auf den Beton. Durch den daraus entstehenden Rückprall kann der Betonprüfhammer die Festigkeit des Betons bestimmen.

Das Besondere an diesem Betonprüfhammer ist die besonders hohe Schlagenergie von 4,5 J. Damit lässt sich mit dem Betonprüfhammer die Betonfestigkeit von hochfestem Beton, oder auch Hochleistungsbeton genannt, an zum Beispiel Brücken, Hochhäusern und Fundamenten ermitteln. Somit findet der Betonprüfhammer seine Anwendung an besonders stark belastetem Beton. Durch die hohe kinetische Energie kann es bei diesem Betonprüfhammer zu Verletzungen kommen. Um Verletzungen durch ungeschultes Personal vorzubeugen, kann die Mechanik von dem Betonprüfhammer verriegelt werden.

- robustes Metallgehäuse
- für hochfesten Beton
- einfache und schnelle Bedienung
- zur Bestimmung der Betonhärte
- kinetische Energie 4,5 J
- Schlagbolzen verriegelbar



ábra: PCE-HT-450 típusú Schmidt-kalapács nagyszilárdságú betonhoz (<https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/>)

Az MSZ EN 12504-2:2013 szabványban csak a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat végzését írják le, a visszapattanási értékek értékelésével nem foglalkoznak, az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerinti vizsgálati eredmények értékelést az **MSZ EN 13791:2007** szabványban **ez az újban is így van???** tárgyalják. **LÁSD MSZ EN 12504-2:2021**

Az MSZ EN 13791:2007 szabvány 8.3.3 szakasza szerint **ez az újban is így van???** a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat becslő alapösszefüggésének alakja:

$$\begin{aligned} f_R &= 1,25 \times R - 23,0 & \text{ha } 20 \leq R \leq 24 & \text{és} \\ f_R &= 1,73 \times R - 34,5 & \text{ha } 24 \leq R \leq 50 \end{aligned}$$

ahol:

- f_R a nyomószilárdság alapértéke *Schmidt*-kalapáccsos vizsgálat esetén, N/mm^2
 R az MSZ EN 12504-2:2021 ??? szabvány szerinti visszapattanási érték

A *Proceq SA* nyomószilárdság becslő összefüggéséből leolvasott érték a légszáraz állapotú 150 mm élhosszúságú próbakocka vizsgálat idején érvényes egyedi nyomószilárdsága ($f_{ci,cube,H}$), amelyet át kell számítani a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm átmérőjű, 300 mm magasságú próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején fennálló egyedi nyomószilárdságra, amely utóbbiak átlagából ($f_{cm,cyl,t}$) és szórásából az alulmaradási tényezővel az építmény-beton jellemző (karakterisztikus) értékét meg lehet határozni. A $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozó alulmaradási tényezőként az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az 50%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Student*-tényezőt, a 70%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Taerve*-tényezőt (20.1.4.1. táblázat) lehet alkalmazni, vagy konstans alulmaradási tágassággal kell számolni. Lehetőség az MSZ EN 1990:2011 szabvány (Eurocode) D1. táblázatának „V» ismeretlen” sora szerinti alulmaradási tényező alkalmazása is (20.1.16. táblázat).

A beton vagy vasbeton szerkezet MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány (Eurocode 2) szerinti statikai ellenőrzése során a *Schmidt*-kalapáccsos vizsgálat eredményeképpen kapott, a beton 150 mm élhosszúságú, légszáraz, esetleg karbonátosodott próbakockán értelmezett, becsült, a vizsgálat idején valószínűsíthető átlagos nyomószilárdságából ($f_{cm,cube,H,t}$) és 8 N/mm^2 alulmaradási tágassággal, az $f_{ck,cyl} = 20 \text{ N/mm}^2$ határértékre tekintettel

- $f_{cm,cube,H,t} < 37,5 \text{ N/mm}^2$ esetén ($f_{ck,cyl,t} < 20 \text{ N/mm}^2$ esete),
mert $f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,74 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,74 = (20 + 8)/0,74 = 37,84 \sim 37,5 \text{ N/mm}^2$,
a 20.1.2.5. ábra szerinti $f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,74 \times f_{cm,cube,H,t} - 8 \text{ N/mm}^2$ és
- $f_{cm,cube,H,t} \geq 37,5 \text{ N/mm}^2$ esetén ($f_{ck,cyl,t} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ esete),
mert $f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,75 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,75 = (20 + 8)/0,75 = 37,33 \sim 37,5 \text{ N/mm}^2$,
a 20.1.2.6. ábra szerinti $f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,75 \times f_{cm,cube,H,t} - 8 \text{ N/mm}^2$

összefüggés segítségével kell kiszámítani a beton 150 mm átmérőjű és 300 mm magasságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején valószínűsíthető jellemző értékét ($f_{ck,cyl,t}$).

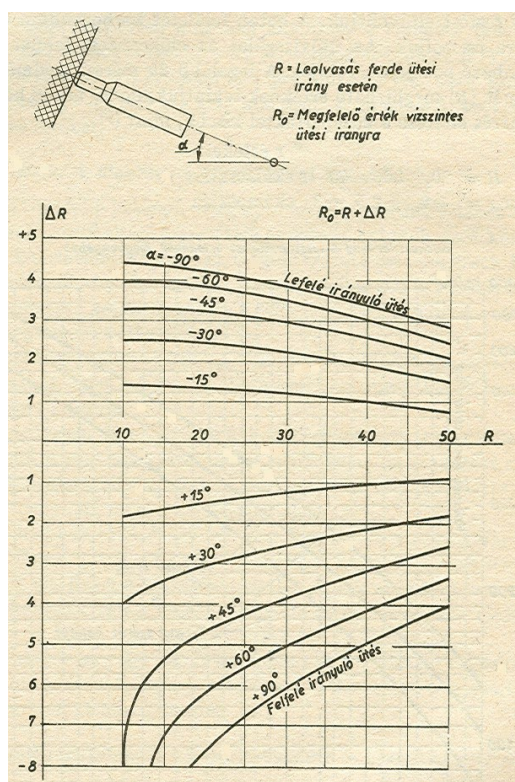
Az építmény-beton nyomószilárdságának meghatározásával *e könyv 20.1.8. fejezetében* részletesen foglalkozunk, így azzal az esettel is, amikor a roncsolásmentes vizsgálatnál egyidőben és azonos vizsgálati helyeken kifűrt magminták is rendelkezésre állnak, és a nyomószilárdság meghatározásához az MSZ EN 13791:2007 **EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN???** szabvány 8. fejezete szerint a becslő összefüggést ezen magminták nyomószilárdsága alapján vagy meg kell szerkeszteni (szabvány 8.2. szakasza, „1. lehetőség”) vagy a szabványbeli becslő alapgörbe transzformálásával kell előállítani (szabvány 8.3. szakasza, „2. lehetőség”).

A 20.1.3.18. ábra szerint az MSZ EN 13791:2007 **EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN???** szabvány „2. lehetőség” szerinti becslő alapgörbéje (a szabvány 2. ábrája) és a *Proceq-B* görbe hagyományos *N*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén gyakorlatilag közel párhuzamosan fut, az MSZ EN 13791:2007 **EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN???** szabvány becslő alapgörbéje átlag $8,18 \text{ N/mm}^2$ értékkel fekszik a *Proceq-B* görbe alatt. Ha a becslő alapgörbét a közvetett vizsgálat eredményéhez tartozó magmintaszilárdság (f_{is}) és a becslő alapgörbéből leolvasott nyomószilárdság értéke (f_R) közötti különbségek ($\delta f = f_{is} - f_R$) átlagával ($\delta f_{m(n)}$) toljuk felfelé, és ennek értéke történetesen $\delta f_{m(n)} = 8,18 \text{ N/mm}^2$, akkor a *Proceq-B* görbét trendvonszerűen, jól megközelítő egyenest kapunk, amely 50%-os kvantilis egyenes. Ha az eltolás mértéke $\delta f_{m(n)} < 8,18 \text{ N/mm}^2$, akkor az MSZ EN 13791:2007 **EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN???** szabvány szerinti

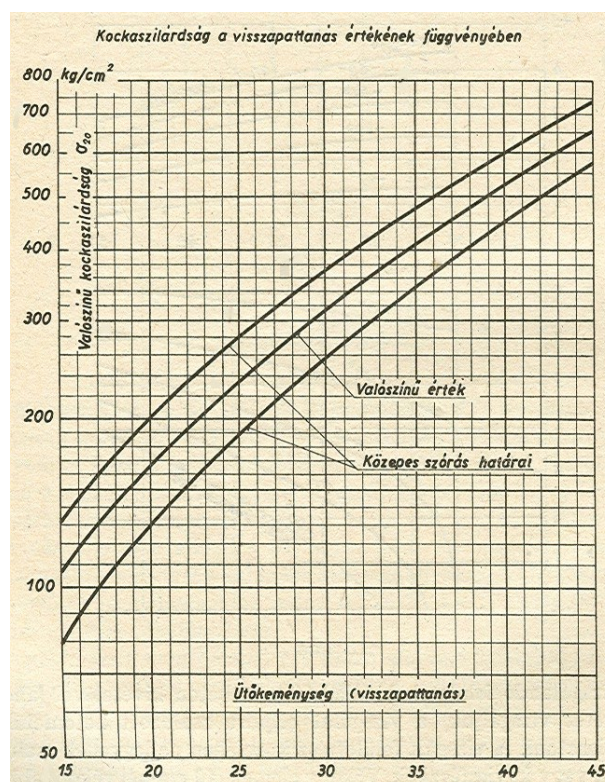
eltolt becslő alapgörbe többé-kevésbé a *Proceq-B* görbe alatt, ha $\delta f_{m(n)} > 8,18 \text{ N/mm}^2$, akkor a *Proceq-B* görbe felett fog futni.

A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatot hazánkban az európai szabványok bevezetését megelőzően a visszavont MSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961, MSZ 4715-5:1972 szabvány, MI-07-3318:1986 közlekedésügyi ágazati műszaki irányelv, MI 15011:1988 műszaki irányelv, valamint az utóbbit felváltó, ma is érvényes e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás szabályozta, illetve szabályozza.

Az egykori MSZ 4715:1955 és MSZ 4715:1961 szabványban a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockákon értelmezett nyomószilárdságot az *N*-típusú *Schmidt*-kalapáccsal mért visszapattanási érték függvényében grafikusán adták meg, azzal a megjegyzéssel, hogy a diagramokat minden egyes készülékre anyagvizsgáló vagy kutató intézetben külön kell megszerkeszteni. A szabvány szerint a visszapattanási érték ütési irány szerinti korrekcióját a 20.1.3.18. ábra alapján végezték, és a 20.1.3.19. ábrán az így javított érték függvényében leolvasták a nyomószilárdságot (kockaszilárdságot).



20.1.3.18. ábra: A visszapattanási érték ütési irány szerinti korrekciója az 1955. és 1961. évi kiadású MSZ 4715 szabványban



20.1.3.19. ábra: A nyomószilárdság a visszapattanási érték függvényében az 1955. és 1961. évi kiadású MSZ 4715 szabványban

A visszavont MSZ 4715-5:1972 szabványban a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockákon értelmezett nyomószilárdságot a visszapattanási érték függvényében táblázatokban adták meg *N*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén természetes érlelésű, homokos kavics adalékanyagú betonokra, *M*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén zúzottkő adalékanyagú útbetonokra.

A visszavont MI-07-3318:1986 közlekedési ágazati műszaki irányelv szerint a nyomószilárdságot a beton főbb tulajdonságaitól és a műszerállandóktól függő tényező és a korrigált visszapattanási érték szorzataként lehetett kiszámítani *N*-, *L*- és *M*-típusú *Schmidt*-kalapács használata esetén. Ezt a módszert kívánták alkalmazni 1986-ban az

MSZ 4715-5:1972 szabvány módosítása során is, de a kézirat alakjában maradt szabványtervezet érvényre már nem lépett.

A visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv szerint a nyomószilárdság természetes (*e* alapú) alapú logaritmusa a visszapattanási érték természetes alapú (*e* alapú) logaritmusa függvényében lehetett kiszámítani. A kettős természetes alapú logaritmus beosztású koordináta-rendszerben az alapösszefüggés alakja másodfokú parabola volt, amelynek a – az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabványban foglaltakhoz hasonló – függőleges eltolást meghatározó tiszta tagja a szerkezetből kivett próbatestek vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságára átszámított nyomószilárdságának képezte a függvényét. Az MI 15011:1988 műszaki irányelvben a *Schmidt*-kalapácsos vizsgálat kiértékelésére $20 < R_i < 40 \text{ N/mm}^2$ feltétel mellett, homokos kavics adalékanyaggal készített betonra a következő közép görbe egyenletet adták meg:

$$\ln R_i = a_0 + a_1 \times \ln B_m + a_2 \times (\ln B_m)^2$$

ahol: $a_0 = \ln R_m - a_1 \times \ln B_m - a_2 \times (\ln B_m)^2$;

$a_1 = 1,79$ és $a_2 = 0,152$;

B_i = az *i* helyen mért visszapattanási értékek átlaga, amely egy mérési eredmény;

B_m = a kivett próbatestek helyén mért visszapattanások értékének átlaga;

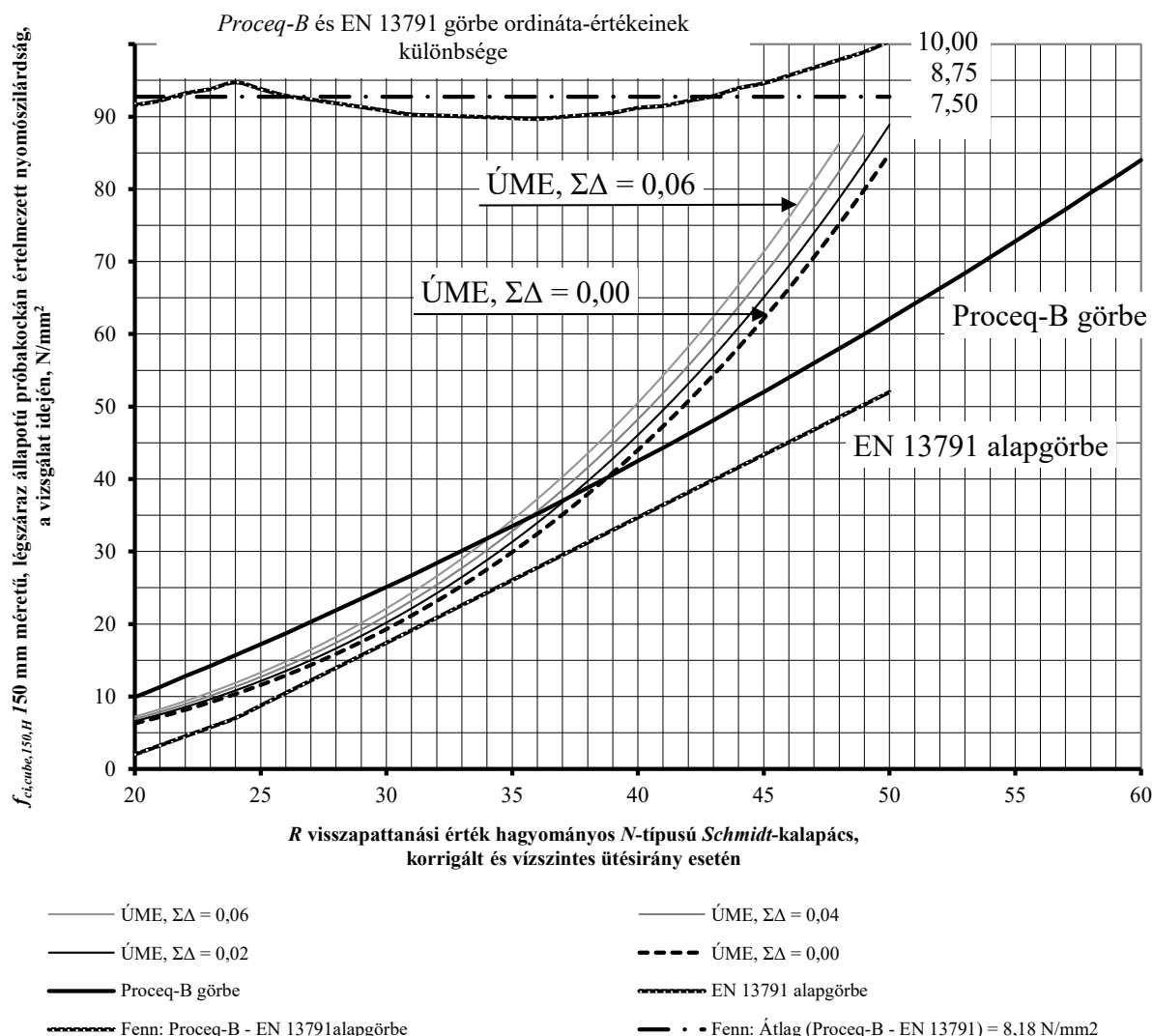
R_i = a beton 200 mm élhosszúságú próbakockára vonatkozó nyomószilárdsága az *i* helyen, N/mm^2 mértékegységben;

R_m = a kivett próbatestek nyomószilárdságának az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságára átszámított átlagértéke.

Megjegyezzük, hogy a megépült tartószerkezetek erőtan vizsgálatát a visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv helyett ma a Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata által kiadott TSZ 01-2013 műszaki szabályzat alapján végzik, és ebben is szerepel a *Schmidt*-kalapácsos vizsgálati eredmények fenti, az MI 15011:1988 műszaki irányelv szerinti $\ln R_i$ kiértékelési közép görbéjének egyenlete.

Ma a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatra vonatkozólag az említett e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) üti műszaki előírás, az MSZ EN 12504:2021 és az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? európai szabvány és a külföldi szabványok közül például (csak az általunk ismerteket említjük) a DIN 1048-2:1991, a DIN 1048-4:1991, ASTM C 805:2002 szabvány van érvényben. E könyv 20.1.8. fejezetében szó esik arról, hogy az európai szabvány DIN EN 13791:2008 jelű német változata kötelező nemzeti függelék tartalmaz (NA = Nationaler Anhang), amelyben az építmények, illetve azok szerkezeti elemei betonja nyomószilárdságának értékelésének nemzeti alkalmazási előírásait tárgyalják.

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) üti műszaki előírás szerint a vizsgálati hely mérete mintegy $0,01 \text{ m}^2$ (100 mm x 100 mm), és azon az egyedi visszapattanás mérések száma legalább 10, a pontok egymástól való távolsága mintegy 20 mm. A vizsgálati hely mérési eredményét az egyedi visszapattanási értékek átlaga adja ($\bar{R}$). Azokat az egyedi visszapattanási értékeket, amelyek a 10 visszapattanás átlagától ± 5 értéknél nagyobb mértékben eltérnek, az értékelésből ki kell zárni és helyettük újabb ütést kell végezni. A vizsgálati helyek száma tételenként legalább 12-18 legyen.



20.1.3.20. ábra: Hagományos N -típusú *Schmidt*-kalapácsos nyomószilárdság becslő összefüggések görbéinek összehasonlítása. UME = e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás

Az MSZ EN 12504-2:2021 szabvány szerint a vizsgálati hely mérete mintegy 300×300 mm legyen, amelyen legalább 9 egyedi visszapattanás mérést kell végezni. A szabvány 7. fejezete szerint a vizsgálati helyen mért visszapattanási értékeknek nem az átlagát, hanem a mediánját kell kiszámítani, és ez a vizsgálati hely vizsgálati eredménye. Az egyedi vizsgálati helyen belül a visszapattanás mérési helyek egymástól való távolsága és távolsága a vizsgált szerkezet éleitől legalább 25 mm legyen. Ha az egyedi visszapattanási értékek legalább 20%-a a mediántól több mint 6 visszapattanási értékkel eltér, akkor a vizsgálati helyen végzett vizsgálat eredményét nem szabad figyelembe venni

Említettük, hogy a helyesen beállított hagyományos, N -, L -típusú és digitális *Schmidt*-kalapáccsal mért visszapattanási értékek átlagát, illetve mediánját ($\bar{R}$) a kalibráló üllőn mért visszapattanási értékek átlagának függvényében és a vízszintestől eltérő ütési iránytól (20.1.3.3. táblázat), valamint a karbonátosodás mélységétől függően (20.1.3.11. ábra) korrigálni kell.

Az MSZ EN 12504-2:2021 szabványban ütési irány szerinti korrekciós összeadandók nem szerepelnek.

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütiügyi műszaki előírás szerint – ha a vizsgált beton kora több mint 90 nap –, akkor a 90 napos, 1 éves, 2 éves, 3 éves korú betonok karbonátosodási korrekciós tényezője rendre 1,00; 0,75; 0,67; 0,6. Ezek helyett a korrekciós tényezők helyett a *Proceq SA* (2003) által a hagyományos *N*-, *L*-típusú és digitális *Schmidt*-kalapács visszapattanási értékének csökkentésére megadott diagram (20.1.3.11. ábra) használatát javasoljuk, mert az a szükséges korrekció mértékét nem a beton kora, hanem a karbonátosodás mélysége függvényében adja meg. Nem szabad szem elől téveszteni, hogy a karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték is a beton vizsgálati korában érvényes.

A karbonátosodás miatt is korrigált visszapattanási értékből (*R*) az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütiügyi műszaki előírás szerinti szilárdság becslő összefüggés felhasználásával is meg lehet a beépített beton pillanatnyi nyomószilárdságát becsülni.

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütiügyi műszaki előírásban szereplő *Borján*-féle (1981) *Schmidt*-kalapácsos nyomószilárdság becslő összefüggés a meghatározása idején, 1982 előtt érvényben volt szabványoknak (MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980) megfelelő 200 mm élhosszúságú és vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságára ($f_{ci,cube,200,H,t}$) vonatkozik:

$$\lg f_{ci,cube,200,H,t} = -2,159 + \Sigma\Delta + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times (\lg R)^2$$

ahol:

$f_{ci,cube,200,H,t}$	a 200 mm élhosszúságú és vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdság tapasztalati értéke, N/mm ² mértékegységben. A „t” indexszel azt hangsúlyozzuk, hogy nem 28 napos, hanem „t” korú beton nyomószilárdságáról van szó
<i>R</i>	a vizsgálati helyhez tartozó átlagos, a kalibrálási hibával, ütési irány és karbonátosodás mélység szerint korrigált visszapattanási érték <i>N</i> -típusú <i>Schmidt</i> -kalapács esetén
$\Sigma\Delta$	a beton összetételétől és állapotától függő segédváltozó, amelyet legfeljebb három különböző Δ összeadandó felhasználásával szabad meghatározni, és amely 0,00-0,19 közötti értéket vehet fel. Ha $\Sigma\Delta = 0,0$, akkor annak a valószínűsége, hogy a tényleges $f_{ci,cube,200,H,t}$ nyomószilárdság a visszapattanásokból számított, becsült $f_{ci,cube,200,H,t,test}$ tapasztalati nyomószilárdságnál nagyobb, 95% (<i>Borján</i> 1981). Ha $\Sigma\Delta \rightarrow 0,19$, akkor ez a valószínűség egyre inkább csökken, a becsült nyomószilárdság pedig rohamosan növekszik. A $\Sigma\Delta$ segédváltozó értékének felvétele nagy felelősséggel jár, $\Sigma\Delta = 0,06$ -nál nagyobb érték alkalmazása $R > 35$ korrigált visszapattanási érték felett semmi esetre sem javasolható, mert a 20.1.3.20. ábra szerint valószínűtlenül nagy nyomószilárdságokat eredményez.

A $\lg f_{ci,cube,200,H,t}$ értéket minden vizsgálati helyre ki kell számítani, és ebből az

$$f_{ci,cube,200,H,t} = 10^{\lg f_{ci,cube,200,H,t}}$$

összefüggéssel adódik a vizsgálati helyen lévő beton becsült, 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockán értelmezett, mai, tapasztalati nyomószilárdsága ($f_{ci,cube,200,H,t}$). Az együtt értékelendő vizsgálati helyek $f_{ci,cube,200,H,t}$ nyomószilárdságainak átlaga $f_{cm,cube,200,H,t}$, amelynek átszámításával meghatározható a vizsgálati helyen lévő beton, 150 mm átmérőjű, 300 mm magasságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, mai, becsült, tapasztalati nyomószilárdságának jellemző értéke ($f_{ck,cyl,t}$):

- ha $f_{cm,cube,200,H,t} < 35,0$ N/mm² ($f_{ck,cyl,t} < 20$ N/mm² esete), ugyanis

$$f_{cm,cube,200,H} = f_{cm,cyl}/0,79 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,79 = (20 + 8)/0,79 = 35,44 \sim 35,0 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{akkor: } f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,79 \times f_{cm,cube,200,H,t} - 8 \text{ N/mm}^2 \text{ és}$$

$$- \text{ ha } f_{cm,cube,200,H,t} \geq 35,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (} f_{ck,cyl,t} < 20 \text{ N/mm}^2 \text{ esete), ugyanis}$$

$$f_{cm,cube,200,H} = f_{cm,cyl}/0,81 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,81 = (20 + 8)/0,81 = 34,57 \sim 35,0 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{akkor: } f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,81 \times f_{cm,cube,200,H,t} - 8 \text{ N/mm}^2.$$

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütiügyi műszaki előírás szerzői nem zárkóztak el attól, hogy a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat végzője kutatásai eredménye alapján – jól körülhatárolt esetre – saját nyomószilárdság becsló összefüggést írjon fel és alkalmazzon.

Fontos, hogy az ütiügyi műszaki előírás olyan nyomószilárdság becsló összefüggés alkalmazására is lehetőséget ad, amelynek alakja a fenti $\lg f_{ci,cube,200,H,t} = -2,159 + \Sigma \Delta + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times (\lg R)^2$ összefüggésből $a_N = -2,159 + \Sigma \Delta$ helyettesítéssel adódik, azaz

$$\lg f_{ci,cube,200,H,t} = a_N + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times (\lg R)^2,$$

ahol az a_N összeadandót tíz darab 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakocka roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálata összetartozó eredményeiből kell regresszió számításal meghatározni. Ez a módszer is megtalálható *Borján József* (1981) könyvében, és elviekben az MI 15011:1988 műszaki irányelv M1 mellékletének M1.10.3.1. szakaszában, valamint a DIN 1048-4:1991 német szabványban is, így a függvény-transzformációs eljárás (becslő alap-összefüggés nyújtása vagy összenyomása és önmagával párhuzamos eltolása) ismert volt már az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány bevezetése előtt is, amely szerint a roncsolásmentes vizsgálat eredményét a szerkezetből fűrt magminta nyomószilárdságának a felhasználásával kell értékelni (lásd e könyv 20.1.8. fejezetét).

A Breit et al. 2019 a DAfStb Heft634 (zöld füzet, megvan) összefoglalást lefordítottam, és ide menttettem:

- Betonoskönyv/Szerkesztések-20200218-után/Breit-DAfStb-Heft-634-összefoglalás.docx
és ide:
- Letöltött-dolgozatok-a-betonról-11/Schmidt-kalapács-és-üllő/ Breit-DAfStb-Heft-634-összefoglalás.docx

FOGLALKOZNI KELL AZ ÜLLŐVEL, AMELYNEK KIS ÉS NAGY KEMÉNYSÉGŰ VÁLTOZATA VAN, ÉS EZZEL 2023. JÚNIUSÁBAN AZ MSZ EN 12504-2:2021 SZABVÁNY MAGYAR SZÖVEGÉVEL KAPCSOLATBAN A SZABVÁNYTÁRGYALÁSON BÍBELÖDTEM, ÉS SOK MINDENT LETÖLTÖTTEM.

LÁSD AZT IS, AMIT A FEGALOMMEGHATÁROZÁSBA ÍRTAM: Üllő a Schmidt-kalapáchoz

Segítség ez is:

DIN EN 12504-2:2001 Techn. Baubest-ról letöltöttem

DIN EN 12504-2:2012 Techn. Baubest-ról letöltöttem

DIN EN 12504-2:2021 Ez a Beuth-nál olvasható német nyelven

MSZ EN 12504-2:2021 a Szabványkönyvtárban angolul és magyarul is olvasható
DAfStb Heft634:2019 zöld füzet megvan nekem.

Összegezve: A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálattal meg lehet becsülni a betonnak a vizsgálat idején meglévő nyomószilárdságát akár fűrt magminták alkalmazása nélkül is, de abból a beton nyomószilárdsági osztályára, vagy készítés kori állapotára következtetni nem szabad.

A *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értékből a nyomószilárdság becslő összefüggéssel meghatározott érték a légszáraz állapotú, általában 150 mm élhosszúságú (az e-UT 09.04.11:2017 útügyi műszaki előírás esetén 200 mm élhosszúságú) próbakockának a vizsgálat idején érvényes egyedi nyomószilárdsága ($f_{ci,cube,H,t}$ vagy $f_{ci,cube,200,H,t}$), amelyet át kell számítani a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm átmérőjű, 300 mm magasságú próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején fennálló egyedi nyomószilárdságra ($f_{ci,cyl,t}$), amely utóbbiak átlagából ($f_{cm,cyl,t}$) és szórásából az alulmaradási tényezővel az építmény-beton jellemző (karakterisztikus) értékét meg lehet határozni. Alulmaradási tényezőként $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szintre (konfidenciaszintre) vonatkozólag az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az 50%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Student*-tényezőt, a 70%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Taerve*-tényezőt (20.1.4.1. táblázat) lehet alkalmazni, vagy konstans alulmaradási tágassággal kell számolni. Lehetőség az MSZ EN 1990:2011 szabvány (Eurocode) D1. táblázatának „V» ismeretlen» sora szerinti alulmaradási tényező alkalmazása is (20.1.16. táblázat).

Az építmény-beton nyomószilárdságának meghatározásával *e könyv 20.1.8. fejezetében* részletesen foglalkozunk, így azzal az esettel is, amikor a roncsolásmentes vizsgálattal egyidőben és azonos vizsgálati helyeken kifűrt magminták is rendelkezésre állnak, és a nyomószilárdság meghatározásához az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány 8. fejezete szerint a becslő összefüggést ezen magminták nyomószilárdsága alapján vagy meg kell szerkeszteni (szabvány 8.2. szakasza, „1. lehetőség”) vagy a szabványbeli becslő alapgörbe transzformálásával kell előállítani (szabvány 8.3. szakasza, „2. lehetőség”).

A szerkezetből kifűrt magminták nyomószilárdságából az építmény vagy annak részei betonjának nyomószilárdsági osztályát nem szükséges, illetve nem helyes kiszámítani. A magminták nyomószilárdsága a betonnak a vizsgálat idején fennálló szilárdsági állapotát kifejező adat, amelyből sem a sablonban készült és laboratóriumi körülmények között tárolt próbatesteken mérhető nyomószilárdságra, sem a beton korábbi nyomószilárdságára következtetni nem szabad. A roncsolásmentes vizsgálattal becsült beton-nyomószilárdságra ez a megállapítás fokozottan érvényes. Véleményünket alátámasztja a DIN 1048-2:1991 szabvány 5.3.1. szakasza (1) bekezdésének rendelkezése és a német közlekedési minisztérium (Bundesministerium für Verkehr) 2011. évi irányelve is, amely szerint a fűrt magmintákon mért és a *Schmidt*-kalapácsos vizsgálattal meghatározott nyomószilárdságok az építmény betonjának csak a vizsgálat idején fennálló nyomószilárdsága meghatározására alkalmasak, de nem alkalmasak más időpontra vonatkozó nyomószilárdság becslésére.

20.1.3.2. Nyomószilárdság meghatározása az ultrahang terjedési sebességének mérésével

Az ultrahang terjedési sebességének mérése a roncsolásmentes szilárdság vizsgálati eljárások egyike, amelynek vizsgálati eredményéből a beton nyomószilárdságára lehet következtetni, mert az ultrahang a beton pórusain, fészkes részein, repedésein lassabban halad át, mint a tömör betonon.

Az ultrahangos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat akkor alkalmazható, ha a beton anyaga egynemű, egyrétegű, folytonos, nem tartalmaz üreget, és a hullámterjedés útjába nem esik acélbetét. A felület nem lehet szennyezett, réteges, repedezett, porózus. Az ultrahangos vizsgáló műszert tisztán kell tartani, működését minden mérés alkalmával ellenőrizni kell. A pontosság-ellenőrzést kizárólag a gyártó cég által forgalmazott pontosság-ellenőrző etalonnal szabad elvégezni.

Az ultrahang frekvenciája 15 kHz (15×10^3 Hz) és 100 MHz (100×10^6 Hz) közötti érték. A hanghullám longitudinálisan és transzverzálisan kelthet rezgéseket. A longitudinális hullám a haladás irányával párhuzamos, a transzverzális hullám a haladás irányára merőleges. A beton nyomószilárdságát a longitudinális hullám terjedési sebessége alapján határozzák meg. Adott közegben a longitudinális hullám gyorsabban, mintegy kétszer olyan gyorsan terjed, mint a transzverzális hullám. A longitudinális hanghullám terjedési sebessége levegőben 330 m/s, vízben 1500 m/s, betonban 3000-5000 m/s, acélban 6000 m/s. Szilárd testben a longitudinális hanghullám terjedési sebessége a

$$\nu_L = \sqrt{\frac{E_{\text{din,L}} \times (1 - \mu)}{\rho_T \times (1 + \mu) \times (1 - 2 \times \mu) \times c_{\text{Edin}}}} = \sqrt{\frac{E_{\text{din,L}}}{\rho_T}} \times \sqrt{\frac{1 - \mu}{(1 + \mu) \times (1 - 2 \times \mu) \times c_{\text{Edin}}}}$$

összefüggéssel fejezhető ki, ahol:

$E_{\text{din,L}}$	az anyag hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulusa
μ	az anyag <i>Poisson</i> -tényezője
ρ_T	az anyag testsűrűsége
c_{Edin}	arányossági tényező

A *Poisson*-tényező a keresztirányú és a hosszirányú fajlagos alakváltozás hányadosa, $\mu = \varepsilon_k / \varepsilon_h$, értéke szerkezeti anyagok esetén zérus és 0,5 közötti szám, folyadékok esetén: $\mu \sim 0,5$; nagyszilárdságú, rideg anyagok esetén: $\mu \rightarrow 0,0$, beton esetén: $\mu_{\text{beton}} \sim 0,167$, acél esetén: $\mu_{\text{acél}} \sim 0,270$. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.3. szakaszának (4) bekezdése szerint repedésmentes beton esetén $\mu_{\text{beton}} = 0,2$ értékű, berepedt beton esetén $\mu_{\text{beton}} = 0,0$ értékű *Poisson*-tényezővel szabad számolni.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a *Poisson*-tényező értéke izotrop (minden irányban azonos tulajdonságú) anyagoknál $-1,0$ és $0,5$ között változhat. A negatív *Poisson*-tényezőjű anyagok – mind különleges szerkezetű hab – belső szerkezete húzás hatására kitágul, az anyag „duzzadni” kezd (lásd még e könyv 21.2.3.3. fejezetében Woldemar Voigt munkásságát bemutató lábjegyzetet).

A gyakorlatban szívesen veszik fel az $(1 - \mu) / [(1 + \mu) \times (1 - 2 \times \mu) \times c_{\text{Edin}}]$ szorzat értékét $1,0$ ($\mu\text{s}^2/\text{mm}^2$) / $[(\text{N}/\text{mm}^2) \times (\text{kg}/\text{m}^3)]$ -nek, amely egyszerűsítéssel a longitudinális hanghullám terjedési sebességének összefüggése a következő alakot veszi fel:

$$\nu_L = \frac{L_{\text{ultrahang}}}{t_{\text{ultrahang}}} = \sqrt{\frac{E_{\text{din,L}}}{\rho_T}} \quad \text{mm}/\mu\text{s}$$

ahol:

$E_{\text{din,L}}$	az anyag hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulusa, N/mm ²
ρ_T	az anyag testsűrűsége száraz állapotban, kg/m ³
$L_{\text{ultrahang}}$	az ultrahang által a betonban megtett út hossza, mm
$t_{\text{ultrahang}}$	idő, amely alatt az ultrahang az $L_{\text{ultrahang}}$ hosszúságú utat a betonban megteszi, μs

Az ultrahang terjedési idejét mérő műszer digitális kijelzővel rendelkezik, és 50 mm alatti úthosszon 60-200 kHz közötti nagy frekvencián, ennél hosszabb úthosszon, 15 m-ig 10-40 kHz közötti kis frekvencián dolgozik.

A mérőműszer (betonoszkóp) úgy működik, hogy az adófej elektromos rezgéssel longitudinális ultrahang hullámot gerjeszt, és az ultrahangot észlelő vevőfeje az ultrahang rezgéseket ismét elektromos jellé alakítja. Az ultrahang terjedési sebesség mérő műszer tulajdonképpen nem sebességet mér, hanem μs -ban azt a $t_{\text{ultrahang}}$ időt, amely alatt az ultrahang impulzus a betonban az adófej és a vevőfej közötti $L_{\text{ultrahang}}$ távolságot megteszi. Az ultrahang terjedési sebességét a $v_L = L_{\text{ultrahang}}/t_{\text{ultrahang}}$ hányados adja, amelyet m/s mértékegységben kell kifejezni. Például, ha az úthossz $L_{\text{ultrahang}} = 120$ mm és az út megtételéhez szükséges idő $t_{\text{ultrahang}} = 28$ μs , akkor az ultrahang terjedési sebessége: $v_{\text{ultrahang}} = 120/28 = 4,286$ mm/ μs = 4286 m/s, mert 1,0 mm/ μs = 10³ m/s.

A műszerhez etalon-rúd tartozik, amelyen a rajta jelzett idő alatt halad át az ultrahang impulzus. Ha a műszer pontosan működik, akkor az etalon-rúd két végére szorítva az adó-, illetve vevőfejet, a műszer az etalon-rúdra írt időt jelzi ki. A rezgő energia veszteségmentes átadásának, illetve átvételének feltétele az adófejnek és a vevőfejnek a jó csatolása a próbatesthez (Weiss, 1974). Csatoló anyagként például vazelint, olajat, folyékony szappant, glicerinasztát, kaolinpasztát lehet használni.

Az ultrahang terjedési sebességét az MSZ EN 12504-4:2005 szabvány szerint kell megmérni. Könnyű belátni, hogy a mérés akkor a legmegbízhatóbb (mérési pontosság 1 %), az úthossz akkor a legegyszerűbb, ha az adófej és a vevőfej egymással szemben, két egymással párhuzamos felületen helyezkedik el („közvetlen” vizsgálat). Ha az adófej és a mérőfej ugyanazon a felületen helyezkedik el („közvetett” vizsgálat), akkor az úthosszat közvetlenül meg sem lehet mérni. Ebben az esetben a vevőfejet egyre távolabb helyezve az adófejtől változtatni kell az úthosszat, és a mérés sorozattal kapott fejtávolság – terjedési idő értékpárookra diagramban egyenest fektetve az átlagos ultrahang terjedési sebességet lehet meghatározni. Ha az adófej és a mérőfej egymásra merőleges felületeken helyezkedik el („félközvetlen” vizsgálat), az úthossz meghatározása akkor sem egyértelmű. Kerülni kell a mérést az ultrahang terjedésének irányával párhuzamosan futó betonacélok közvetlen közelében.

Az adó- és vevőfej közé eső minden levegővel telt repedés és hézag akadályozza az ultrahang terjedését, ha annak vetülete az ultrahanghullám hosszánál nagyobb. Ezt a hatást az adó- és vevőfej térközétől függően ki lehet használni a 100 mm-nél mélyebb repedések vagy hézagok azonosítására. A szorosan illeszkedő repedések esetén – például repedt tartóoszlopokban vagy -pillérekben – azonban előfordulhat, hogy az ultrahanghullám áthalad a repedésen.

Nagyszámú, hálós kiosztású méréssel az adó- és vevőfej között helyezkedő nagy hézagok felismerhetők. A hézag nagysága annak feltételezésével, hogy az ultrahangimpulzus az adó- és vevőfej közötti távolságot a legrövidebb úton és a legrövidebb idő alatt teszi meg, megbecsülhető, ha a hézag környezetében a beton sűrűsége azonos.

A mérési eredményt a beton nedvesség-tartalma jelentősen befolyásolja, ezért légszáraz beton vizsgálatára kell törekedni. Az olyan repedések, amelyek vízzel telítve vannak vagy anyagtörmeléket tartalmaznak és az ultrahang hullámokat továbbvezetik, az ultrahang terjedési

sebességének vizsgálatával nem deríthetők ki. Az MSZ EN 12504-4:2005 szabvány B.7 szakasza szerint ilyen esetben a csillapításmérés vezethet eredményre. A csillapításmérés kérdéskörét például *Hillger* (1983), *Große* (1996), *Wollbold* (1998) munkáiból lehet megismerni.

A 10 °C alatti és a 30 °C fölötti hőmérséklet esetén az ultrahang terjedési sebességének mért (számított) értékét a 20.1.3.5. táblázat szerint korrigálni kell.

20.1.3.5. táblázat: Az ultrahang terjedési sebességének korrekciós tényezője 10 °C alatti és a 30 °C fölötti hőmérséklet esetén (*Iken et al., 2012*)

Hőmérséklet °C	Ultrahang terjedési sebességének korrekciós tényezője, %	
	Légszáraz beton esetén	Vízzel telített beton esetén
+ 60	+ 5,0	+ 4,0
+ 40	+ 2,0	+ 1,7
0	– 0,5	– 1,0
– 4	– 1,5	– 7,5

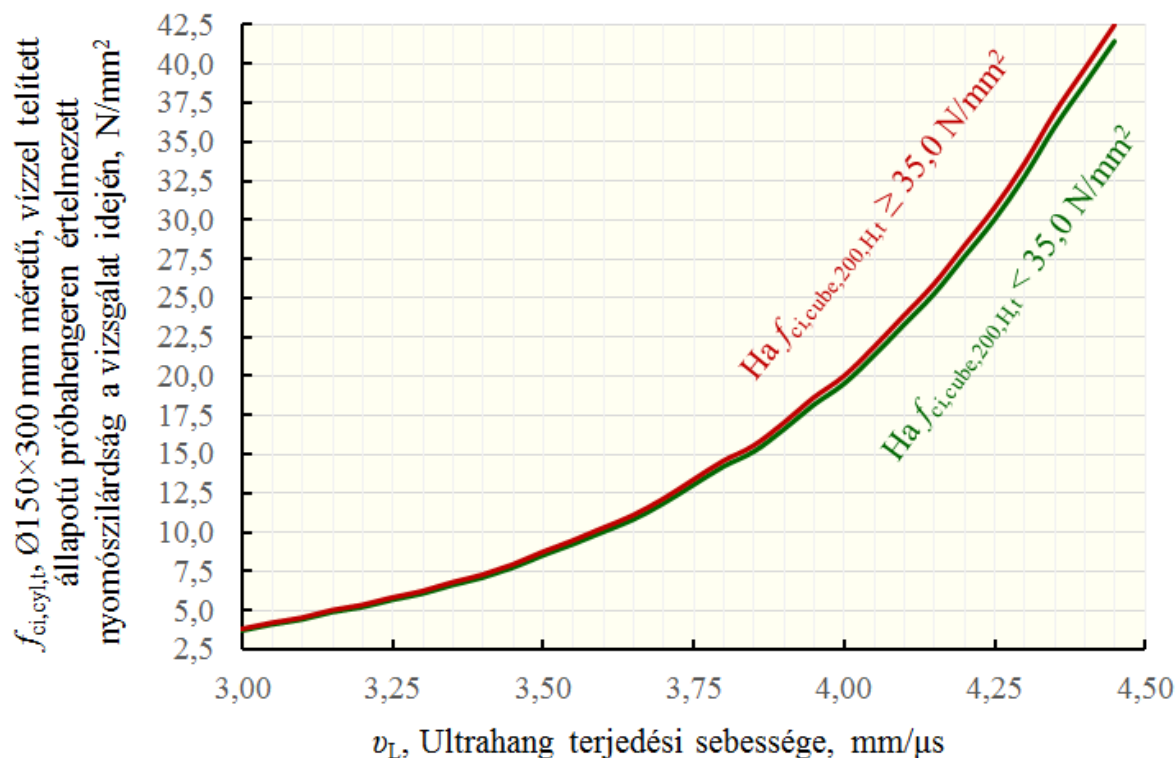
A rövid impulzus hullámok sebessége a vizsgált beton alakjától és méretétől független, ha annak kisebbik keresztmetszeti mérete egy adott értéket elér. Ez alatt a méret alatt az ultrahang terjedési sebessége jelentősen csökkenhet. E csökkenés mértéke főképp az impulzus hullámok hosszának és a vizsgált beton kisebbik keresztmetszeti méretének viszonyától függ. A 20.1.3.6. táblázatban az ultrahang betonban való terjedési sebességének, a jeladó frekvenciájának és a vizsgált beton ajánlott legkisebb keresztmetszeti méretének kapcsolata található. Ha a legkisebb keresztmetszeti méret a hullámhossznál kisebb vagy olyan vizsgálat esetén, amikor az adófej és a mérőfej egy ugyanazon felületen helyezkedik el („közvetett” vizsgálat), a hullám terjedés módja és ezzel sebessége megváltozik. Ennek különösen akkor van jelentősége, ha egymástól jelentősen eltérő méretű betonelemeket kívánunk összehasonlítani.

20.1.3.6. táblázat: Az ultrahang betonban való terjedési sebességének, a jeladó frekvenciájának és a vizsgált beton ajánlott legkisebb keresztmetszeti méretének kapcsolata az MSZ EN 12504-4:2005 szabvány szerint

Jeladó frekvenciája kHz	Ultrahang terjedési sebessége a betonban, mm/μs		
	3,5	4,0	4,5
	Vizsgált beton ajánlott legkisebb keresztmetszeti mérete, mm		
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30

A visszavont MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. függeléke értékelő táblázatot tartalmazott, amelyben az ultrahang terjedési sebességének megfelelő, az abban az időben szabványos, vegyesen tárolt, 200 mm méretű betonpróbakockán érvényes nyomószilárdságot (mai jelöléssel: $f_{ci,cube,200,H}$) adták meg. A 20.1.3.7. táblázatban ezeket az értékpárokat mutatjuk be, azzal a változtatással, hogy a nyomószilárdságot a 20.1.3.1. fejezetben mondottak alapján az $f_{ci,cyl} = 0,79 \times f_{ci,cube,200,H}$ (arra az esetre, ha $f_{ci,cube,200,H,t} < 35,0 \text{ N/mm}^2$), illetve $f_{ci,cyl} = 0,81 \times f_{ci,cube,200,H}$ (arra az esetre, ha $f_{ci,cube,200,H,t} \geq 35,0 \text{ N/mm}^2$) összefüggéssel átszámítottuk a ma szabványos (MSZ 4798-1:2004), végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahengeren a vizsgálat idején értendő $f_{ci,cyl}$ nyomószilárdságra, amelyek segítségével az egyes vizsgálati eredményekből kiszámítható az $f_{cm,cyl}$ átlagszilárdság, és az $f_{ck,cyl}$ jellemző érték, mint az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 sszabvány szerinti szilárdságellenőrzés kiinduló adata.

Az MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. táblázata alatt az a megjegyzés áll, hogy a táblázatot 350 kg/m³-nél kisebb portlandcement adagolású, mai értelemben vett 32 mm legnagyobb szemmagyságú, II. osztályú szemmegoszlású homokos kavics adalékanyagú, légszáraz betonok összehasonlító vizsgálatával alakították ki, és az 360 napos vagy annál idősebb betonok nyomószilárdságának becslésére, ±15%-os megbízhatósági korláttal alkalmas. A 20.1.3.7. táblázat adatait diagram formájában a 20.1.3.21. ábrán dolgoztuk fel. A 20.1.3.7. táblázat és a 20.1.3.21. ábra régi, az egykori BI-8 típusú lengyel betonoszkóppal mért vizsgálati eredmények alapján készült, ezért ma megfelelő körültekintéssel kell alkalmazni.



20.1.3.21. ábra: A betonnak az ultrahang terjedési sebességéből becsült, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett $f_{ci,cyl,t}$ nyomószilárdsága a vizsgálat idején a visszavont MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. függeléke alapján

A visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv és a TSZ 01-2013 műszaki szabályzat szerint az ultrahang terjedési sebesség mérés eredményeiből a homokos kavics adalékanyagú, 200 mm élhosszúságú próbakockán értelmezett nyomószilárdság a következő középgörbével határozható meg, feltéve, hogy $3,2 \text{ mm}/\mu\text{s} < v < 4,3 \text{ mm}/\mu\text{s}$:

$$\ln R_i = b_0 + b_1 \times v_i$$

ahol:

v_i = az ultrahang terjedési sebessége az i helyen mm/μs mértékegységben;

$b_0 = -2,36$;

$b_1 = 1,38$ vagy pontosabban: $b_1 = (\ln R_m - b_0)/v_m$;

R_m = a vizsgált próbatestek 200 mm élhosszúságú próbakockára átszámított nyomószilárdságának átlaga;

v_m = a próbatestek származási helyén mért ultrahang terjedési sebességek átlaga.

20.1.3.7. táblázat: A betonnak az ultrahang terjedési sebességéből becsült, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett $f_{ci,cyl,t}$ nyomószilárdsága a vizsgálat idején a visszavont MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. függeléke alapján, BI-8. jelű betonoszkóphoz

Ha $f_{ci,cube,200,H,t} < 35,0 \text{ N/mm}^2$		Ha $f_{ci,cube,200,H,t} \geq 35,0 \text{ N/mm}^2$	
$v_L, \text{ mm}/\mu\text{s}$	$f_{ci,cyl,t} \text{ N/mm}^2$	$v_L, \text{ mm}/\mu\text{s}$	$f_{ci,cyl,t} \text{ N/mm}^2$
3,00	3,7	3,00	3,8
3,05	4,1	3,05	4,2
3,10	4,4	3,10	4,5
3,15	4,9	3,15	5,0
3,20	5,2	3,20	5,3
3,25	5,7	3,25	5,8
3,30	6,1	3,30	6,2
3,35	6,6	3,35	6,8
3,40	7,1	3,40	7,3
3,45	7,7	3,45	7,9
3,50	8,5	3,50	8,7
3,55	9,2	3,55	9,5
3,60	10,0	3,60	10,3
3,65	10,8	3,65	11,1
3,70	11,9	3,70	12,2
3,75	13,0	3,75	13,4
3,80	14,2	3,80	14,6
3,85	15,2	3,85	15,6
3,90	16,6	3,90	17,0
3,95	18,2	3,95	18,6
4,00	19,5	4,00	20,0
4,05	21,3	4,05	21,9
4,10	23,3	4,10	23,9
4,15	25,3	4,15	25,9
4,20	27,7	4,20	28,4
4,25	30,0	4,25	30,8
4,30	32,8	4,30	33,6
4,35	35,9	4,35	36,9
4,40	38,7	4,40	39,7
4,45	41,5	4,45	42,5

Az ultrahang terjedési sebességnek és a *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értéknek együttes értékelésére több országban is elterjedt a RILEM (1983, 1993) által kidolgozott, úgy nevezett "SonReb"-görbe (Sonic and Rebound), amelynek függvényalakja (20.1.3.23. ábra):

$$f_c = 7,695 \times 10^{-11} \times R^{1,4} \times v^{2,6} \quad \text{N/mm}^2$$

ahol:

R = *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási érték;

v = ultrahang terjedési sebessége, m/s.

Az ultrahang terjedési sebességnek és a *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értéknek együttes értékelésével a visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv és a TSZ 01-2013 műszaki szabályzat is foglalkozik, és ezekben azt írták, hogy a mérőhelyre vonatkozó, N/mm^2 -ben

kifejezett R_i nyomószilárdságot kétféle roncsolásmentes mérési adatból a következő összefüggés segítségével kell kiszámítani:

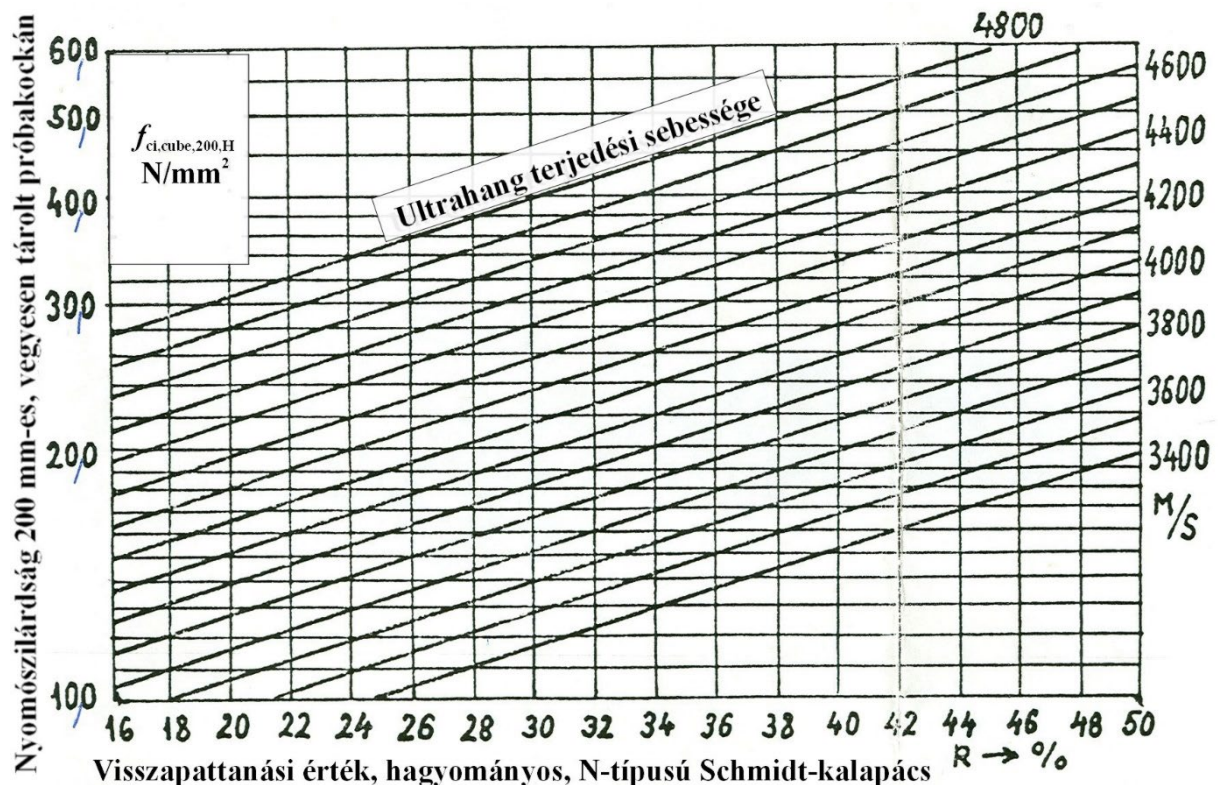
$$\ln R_i = A_0 + A_1 \times B_i + A_2 \times v_i$$

ahol: $A_0 = -1,46$; $A_1 = 0,0238$; $A_2 = 0,978$

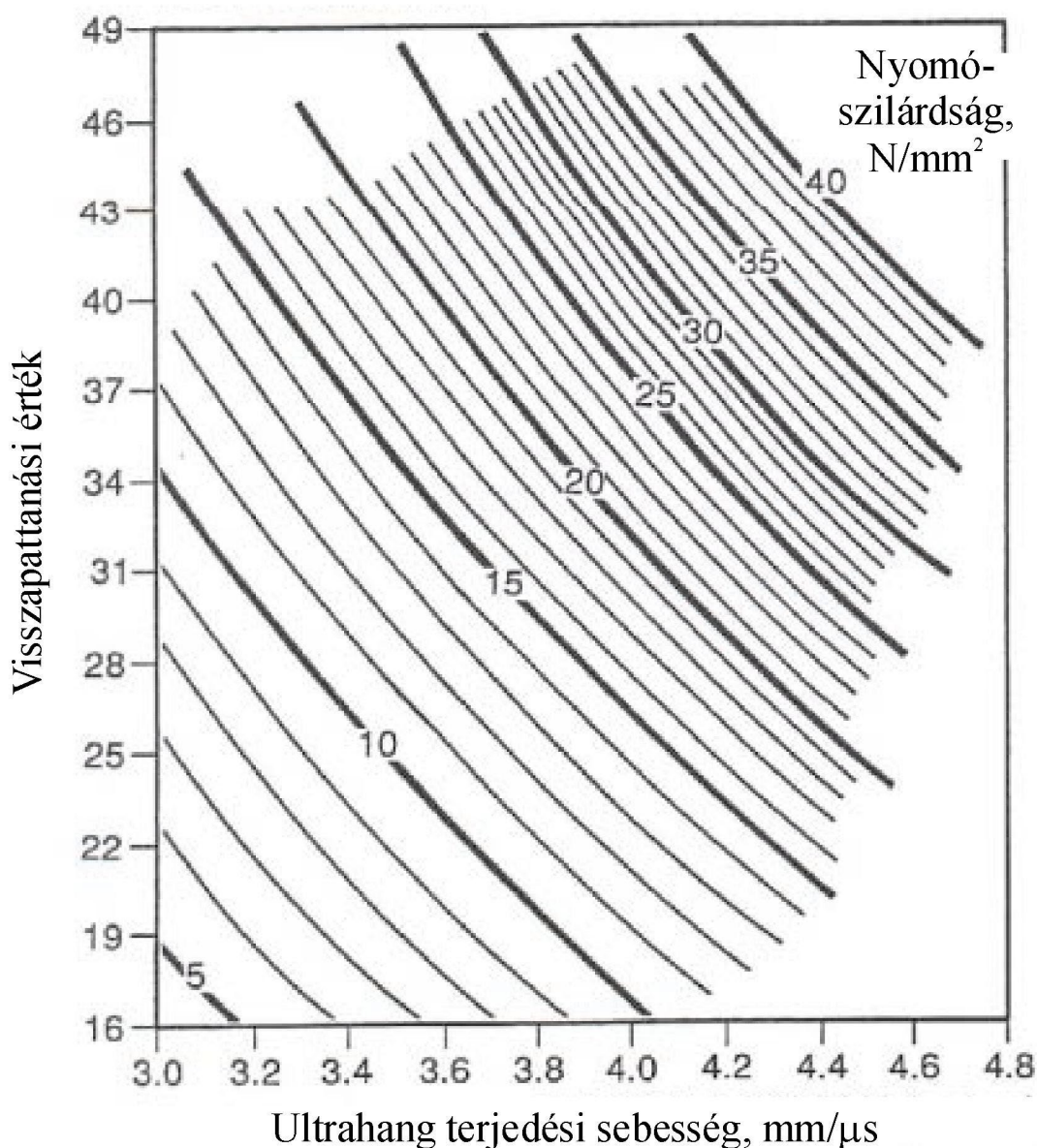
v_i = ultrahang terjedési sebességének átlaga km/s mértékegységben az i mérőhelyen;

B_i = Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek átlaga az i mérőhelyen.

Használatban van egy általunk ismeretlen eredetű régi diagram is, amely kellő óvatossággal használható az ultrahanggal és a hagyományos, N -típusú *Schmidt*-kalapáccsal egyidőben végzett mérések eredményeinek együttes értékelésére. A diagramot bizonyára 1982 előtt rajzolták, mert a nyomószilárdságot kp/cm^2 mértékegységben adták meg rajta (20.1.3.22. ábra).



20.1.3.22. ábra: Ismeretlen eredetű régi diagram az ultrahanggal és a hagyományos, N -típusú *Schmidt*-kalapáccsal egyidőben végzett mérések eredményeinek együttes értékelésére



20.1.3.23. ábra: "SonReb"-görbe az ultrahang terjedési sebességnek és a *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értéknek együttes értékelésére (RILEM 1983, 1993)

E könyv 20.1.8.1. fejezetében szólunk arról, hogy az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány

8.3. szakaszának „2. lehetősége” szerint az ultrahang terjedési sebességét a kifűrt magmintákon mért nyomószilárdság (f_{is}) alapján értékelik oly módon, hogy az MSZ EN 13791:2007 **EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN???** szabvány 3. ábrájának vonatkoztatási görbét (becslő alapösszefüggés) $\Delta f = \delta f_{m(n)} - k_1 \times s_{\delta f}$ mértékben eltolják, ahol $\delta f_{m(n)}$ a magmintaszilárdság (f_{is}) és a vonatkoztatási görbe (becslő alapösszefüggés) nyomószilárdság értéke (például: f_R) közötti különbségek ($\delta f = f_{is} - f_R$) átlaga, $s_{\delta f}$ a δf különbségek szórása, k_1 pedig a *Taerwe*-féle alulmaradási tényező, amely helyett a *Student*-tényező alkalmazását javasoljuk. Az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány szerint az ultrahang terjedési sebesség vonatkoztatási görbéjének összefüggése:

$$f_v = 62,5 \times v^2 - 497,5 \times v + 990 \quad \text{N/mm}^2$$

ahol:

- f_v a nyomószilárdság alapértéke az ultrahang terjedési sebességének vizsgálat esetén, N/mm²
 v ultrahang terjedési sebessége, mm/μs

A vonatkoztatási görbe összefüggésének érvényességi tartománya: $4,0 \text{ mm}/\mu\text{s} \leq v \leq 4,8 \text{ mm}/\mu\text{s}$. Az értékeléshez legalább 9 vizsgálati értékpár szükséges.

Az ultrahang terjedési sebességének meghatározását az érvényes ÚT 2-2.204:1999 (e-UT 09.04.11) ütügyi műszaki előírás is tárgyalja, és ebben is a *Borján*-féle könyvből (1981) ismert módszert követi. Az ultrahang terjedési sebességének értékelési függvényei szintén a 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságára vonatkoznak.

Az ÚT 2-2.204:1999 (e-UT 09.04.11) ütügyi műszaki előírásban szereplő *Borján*-féle (1981) ultrahang terjedési sebesség mérési nyomószilárdság becslő összefüggés a meghatározása idején, 1982 előtt érvényben volt szabványoknak (MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980) megfelelő 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságára ($f_{ci,cube,200,H,t}$) vonatkozik:

$$\lg f_{ci,cube,200,H,t} = 2,407 - (6,8 - \Sigma\Delta) \times 10^{-4} \times (5760 - v)$$

ahol:

- $f_{ci,cube,200,H,t}$ a 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdság tapasztalati értéke, N/mm² mértékegységben. A „t” indexszel azt hangsúlyozzuk, hogy nem 28 napos, hanem „t” korú beton nyomószilárdságáról van szó;
 v az ultrahang terjedési sebességének átlagértéke, m/s;
 $\Sigma\Delta$ a beton összetételétől és állapotától függő segédváltozó, amelyet legfeljebb három különböző Δ összeadandó felhasználásával szabad meghatározni, ha a beton felülete tömör és a betont készítése idején nedvesen utókezeltek. Ellenkező esetben legfeljebb két tényezővel szabad számolni. Ha $\Sigma\Delta = 0,0$, akkor annak a valószínűsége, hogy a tényleges $f_{ci,cube,200,H,t}$ nyomószilárdság a számított, becsült $f_{ci,cube,200,H,t,test}$ tapasztalati nyomószilárdságnál nagyobb, 95% (*Borján* 1981). Ha $\Sigma\Delta \rightarrow 1,4$, akkor ez a valószínűség egyre inkább csökken, a becsült nyomószilárdság pedig rohamosan növekszik. A $\Sigma\Delta$ segédváltozó értékének felvétele nagy felelősséggel jár.

A $\lg f_{ci,cube,200,H,t}$ értéket minden vizsgálati helyre ki kell számítani, és ebből az $f_{ci,cube,200,H,t} = 10^{\lg f_{ci,cube,200,H,t}}$ összefüggéssel adódik a vizsgálati helyen lévő beton becsült,

200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakockán értelmezett, mai, tapasztalati nyomószilárdsága ($f_{ci,cube,200,H,t}$). Az $f_{ci,cube,200,H,t}$ értéknek a 18. ábra szerinti átszámításával meghatározható a vizsgálati helyen lévő beton, Ø150×300 mm méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, mai, becsült, tapasztalati nyomószilárdsága: $f_{ci,cyl,t} = 0,76 \times f_{ci,cube,200,H,t}$. Az együtt értékelendő vizsgálati helyek $f_{ci,cyl,t}$ nyomószilárdságainak átlaga ($f_{cm,cyl,t}$) a szerkezeti elem vagy része betonjának szabványos (MSZ EN 206-1:2002, MSZ 4798-1:2004) próbahengeren értelmezett mai, becsült, tapasztalati átlagos nyomószilárdsága.

Az ÚT 2-2.204:1999 (e-UT 09.04.11) ütügyi műszaki előírás megengedi, hogy az ultrahang terjedési sebesség méréses roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat végzője kutatásai eredménye alapján – jól körülhatárolt esetre – saját nyomószilárdság becslő összefüggést írjon fel és alkalmazzon. Az ütügyi műszaki előírás olyan nyomószilárdság becslő összefüggés alkalmazására is lehetőséget ad, amelynek alakja a fenti összefüggésből $a_v = 6,8 - \Sigma\Delta$ helyettesítéssel adódik, azaz $\lg f_{ci,cube,200,H,t} = 2,407 - a_v \times 10^{-4} \times (5760 - v)$, ahol az a_N összeadandót tíz darab 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka roncsolásmentes és

roncsolásos vizsgálata összetartozó eredményeiből kell regresszió számítással meghatározni. Ez a módszer is megtalálható *Borján József* (1981) könyvében, és elviekben az MI 15011:1988 műszaki irányelv M1. mellékletének M1.10.3.1. szakaszában is, így – mint már említettük – a függvény transzformációs eljárás (becslő alap-összefüggés nyújtása vagy összenyomása és önmagával párhuzamos eltolása) már nem volt ismeretlen az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány bevezetésekor, amely szerint a roncsolásmentes vizsgálat eredményét a szerkezetből fűrt magminta nyomószilárdságának a felhasználásával kell értékelni (lásd e könyv 20.1.8. fejezetét).

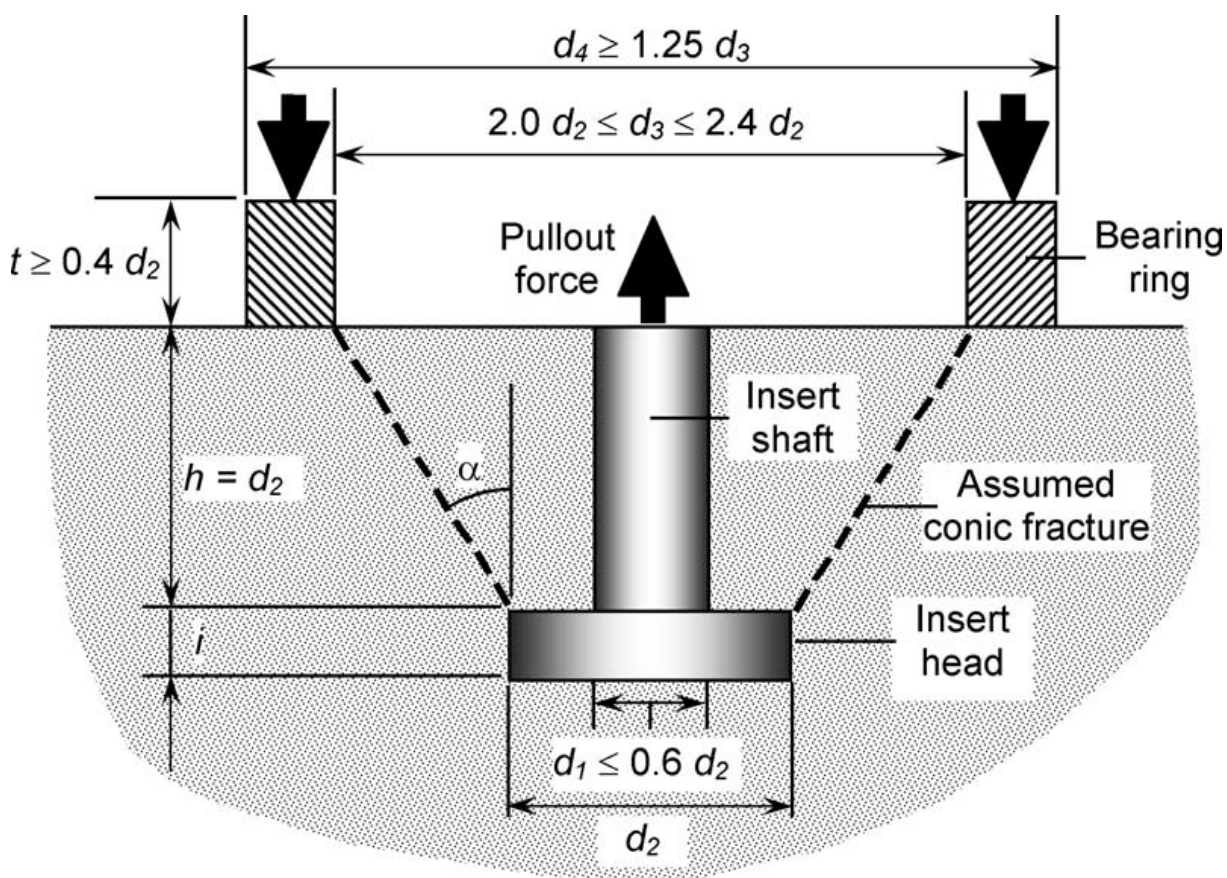
Összegezve: Még meg kell írni.

20.1.3.3. Nyomószilárdság meghatározása a kihúzóerő mérésével

A nyomószilárdságot az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány szerint a kihúzóerő meghatározásával is meg lehet becsülni, ha egyidejűleg fűrt magminták vizsgálatára is sor kerül. A módszer alkalmazásának két változata van, aszerint, hogy a $25 \pm 0,1$ mm átmérőjű, korong alakú fém kihúzó fejet a friss betonba betonozzák be (20.1.3.24. ábra), vagy a megszilárdult betonba befűrt lyukba utólag helyezik be (20.1.3.25. ábra).

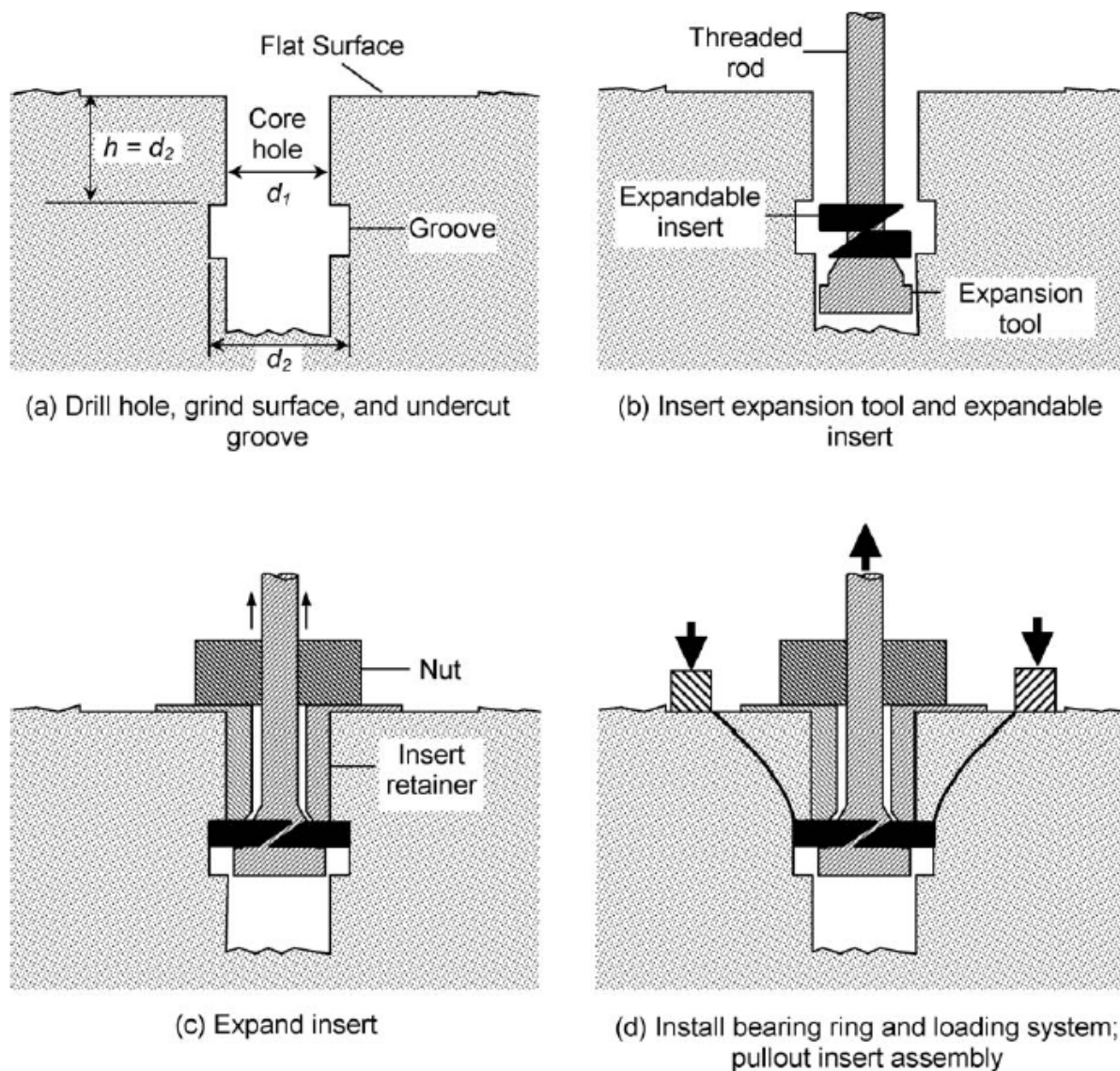
A mérőhelyek egymástól legalább 200 mm, a beton szélétől legalább 100 mm távolságra legyenek. A vizsgált beton vastagsága legalább 100 mm kell legyen. A fém kihúzó fejet úgy kell a betonba helyezni, hogy felette a beton vastagsága 25 mm legyen. A vizsgálat során a hidraulikus kihúzó berendezést a beton felületére helyezett, $55 \pm 0,1$ mm belső és $70 \pm 0,1$ mm külső átmérőjű gyűrűre kell állítani, és a 15 mm átmérőjű kihúzó szárral össze kell kötni.

A vizsgálati eszközök elrendezése jól látható az ASTM C 900:2015 szabvány ábráin (20.1.3.23. és 20.1.3.25. ábra).



20.1.3.24. ábra: Kihúzó kísérlet elrendezésének vázlatos rajza az ASTM C 900:2015 szabványban arra az esetre, ha a fém kihúzó fejet a friss betonba betonozzák be

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány szerint a kihúzóerőt úgy kell növelni, hogy a terhelési sebesség mintegy $0,5 \pm 0,2$ kN/s legyen. Az ASTM C 900:2015 szabvány szerint ennek megfelelően a kihúzóerőhöz a 20.1.3.8. táblázat szerinti idő határok tartoznak (például, ha a kihúzóerő 60 kN, akkor a kihúzási idő legalább $60/0,7 = 86$ s és legfeljebb $60/0,3 = 200$ s legyen). Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány szerint a kihúzó fémkorong lehetőleg 120 ± 30 s alatt szakadjon ki a betonból.



20.1.3.25. ábra: Kihúzó kísérlet elrendezésének vázlatos rajza az ASTM C 900:2015 szabványban arra az esetre, ha a fém kihúzó fejet a megszilárdult betonba befűrt lyukba utólag helyezik be. (a) lyuk fűrés, felület csiszolás és nut bevágás; (b) kihúzó fej befeszítő szerszám és befeszülő fém kihúzófej lyukba helyezése; (c) fém kihúzófej befeszítése; (d) kísérlet végrehajtása

20.1.3.8. táblázat: Kihúzási idő legkisebb és legnagyobb értéke (ASTM C 900:2015)

Kihúzóerő kN	Legkisebb idő, s	Legnagyobb idő, s
10	14	33
20	29	67
30	43	100
40	57	133
50	71	167

Kihúzóerő kN	Legkisebb idő, s	Legnagyobb idő, s
60	86	200
70	100	233
80	114	267
90	129	300
100	143	333

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány 6.2. szakasza szerint a vizsgálat eredménye az F kihúzóerő [N].

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány A. melléklete tájékoztatást ad a kihúzóerő és a fűrt magminta nyomószilárdsága közötti kapcsolat meghatározásáról. Ez a melléklet foglalkozik az

f_p kihúzószilárdság számítmódjával. Az $f_p = F/A_{\text{kihúzási}}$ kihúzószilárdság meghatározásához ismerni kell az $A_{\text{kihúzási}}$ a hatékony törési felület [mm^2] nagyságát, amelyet a következőképpen kell kiszámítani:

$$A_{\text{kihúzási}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2 + d_1) \times \left[4 \times h^2 + (d_2 - d_1)^2 \right]^{0,5}$$

ahol:

- d_1 = a kihúzó fej (fémkorong) átmérője, $25 \pm 0,1$ mm
- d_2 = a feltét gyűrű belső átmérője, $55 \pm 0,1$ mm, illetve a kiszakadt betonkúp darab külső átmérője, mm
- h = a kihúzó fej (fémkorong) és a beton felülete közötti távolság, $h = d_1$, mm
- $A_{\text{kihúzási}}$ = a hatékony törési felület, amelynek névleges értéke a névleges d_1 , d_2 és h méret behelyettesítésével: $A_{\text{kihúzási, névl}} = 3663,7 \text{ mm}^2$

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány 1 fejezetében szólnak arról, hogy a kihúzó kísérlet eredménye a beton nyomószilárdságának meghatározásához önmagában nem elegendő. A beton nyomószilárdságát kihúzó kísérlettel akkor lehet megbecsülni, ha a kihúzóerő és a fűrt magminták nyomószilárdsága közötti összefüggést az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány szerint meghatározták.

A kihúzó vizsgálat értékelése során az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány alapján ugyanazon módszer szerint kell a szabvány 4. ábrájának vonatkoztatási egyenesét (becslő alapösszefüggést) eltolni, mint amely módszert a könyv *Schmidt*-kalapácsos vizsgálatot tárgyaló 20.1.3.1. fejezetében és az ultrahang terjedési sebességének vizsgálatát tárgyaló 20.1.3.2. fejezetében ismertettünk. A kihúzó vizsgálat vonatkoztatási egyenesének összefüggése a következő:

$$f_F = 1,33 \times (F - 10)$$

ahol:

- f_F a nyomószilárdság alapértéke kihúzó vizsgálat esetén, N/mm^2
- F kihúzóerő, kN, amelynek értelmezési tartománya: $20 \text{ kN} \leq F \leq 60 \text{ kN}$

Az f_p kihúzószilárdságot a nyomószilárdság meghatározásához az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány nem használja.

A kihúzóerő (F), a kihúzószilárdság (f_p), illetve a nyomószilárdság alapértéke kihúzó vizsgálat esetén (f_F) a vizsgálat idején, a t korú betont jellemzi, és ezt célszerűen a „ t ” index alkalmazásával fejezhetjük ki: $F_j, f_{p,t}, f_{F,t}$.

A hidraulikus kihúzó berendezés kalibrálásával az ASTM C 900:2015 szabvány A1. melléklete részletesen foglalkozik.

Összegezve: Még meg kell írni.

20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében

20.1.4.1. Terjedelem és relatív terjedelem

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerint, ha egy mintából két vagy több próbatest készül, és a vizsgálati értékek terjedelme³⁴⁰ nyomószilárdság vizsgálat esetén nagyobb, mint az átlag 15%-a, akkor az eredményeket el kell vetni, hacsak vizsgálat nem deríti ki az egyik egyedi vizsgálati érték elvetését igazoló elfogadható okot.³⁴¹ Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint ezt az előírást csak akkor kell alkalmazni, ha a nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik; ugyanis az alulmaradási tényezős ellenőrzés esetén az alulmaradási tágasság kellő mértékben korlátozza a vizsgálati eredmények számításba vehető terjedelmét.

Ha a nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik a típusvizsgálat, a kezdeti vagy folyamatos gyártás, az átadás-átvétel, netán az azonosító vizsgálat során – akár az AC70, akár az AC50(H) feltétel szerint – akkor a próbatestek vagy minták nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek terjedelme ne legyen nagyobb, mint a vizsgálati eredmények átlagának 15%-a. Ha ilyen esetben a nyomószilárdság értékek terjedelme az átlag 15%-ánál nagyobb, akkor szabad az átlagot és a terjedelmet a legnagyobb nyomószilárdság vizsgálati érték elhagyásával újraszámítani, és ezt az újraszámítást mindaddig (akár két próbatest vagy minta vizsgálati értékéig is) folytatni, amíg az újraszámított terjedelem egyenlő vagy kisebb lesz, mint az újraszámított átlag 15%-a (MSZ 4798:2016).

A beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolásához konstans alulmaradási tágasság mellett az így utolsónak újraszámított átlagot kell használni, vagy a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét az eredeti nyomószilárdság vizsgálati értékek

³⁴⁰ A vizsgálati eredmények terjedelméről – mint a legnagyobb és a legkisebb vizsgálati eredmény különbségéről – szólva talán nem felesleges megjegyezni, hogy a terjedelemre az EN 206-1:2000, illetve EN 206:2013 szabvány 2001. évi német változatában (DIN EN 206-1:2001 szabvány 8.2.1.2 szakaszában és B.2 fejezetében) a „die Spannweite der Prüfwerte”, annak 2017. évi változatában (DIN EN 206:2017 szabvány 8.2.1.2 szakaszának (4) bekezdésében és B2 fejezetének (4) bekezdésében) pedig a „die Variationsbreite der Prüfwerte” kifejezést használják. Az osztrák Entwurf ÖNORM B 4710-1:2017-06 szabványtervezet 8.2.1.2 szakaszának (4) bekezdésében szintén a Variationsbreite, ugyanakkor a B2 fejezet (4) bekezdésében a Spannweite szó szerepel. A német Spannweite, Variationsbreite, Streubereich szavak egymásnak szinonimái (lásd például: <http://wiki.lewumpy.de/Uni/StatistischeParameter>; <https://uniwissenpsycho.wordpress.com/2011/12/18/range-statistik/>; <https://www.mathe-lexikon.at/statistik.html>; Hartung et al., 2009), miközben a német Varianz szó tapasztalati szórásnégyzetet, a Standardabweichung tapasztalati szórást, a Variationskoeffizient variációs együtthatót vagy más szóval relatív szórást jelent (Hartung et al., 2009).

A szabvány angol nyelvű változataiban a szóhasználat nem változott: „the range of the test values”.

³⁴¹ Emlékeztetünk arra, hogy az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint az egyesült királyságbeli kísérletek tapasztalatai alapján például egy laboráns ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálati eredménye abban az esetben főr össze, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%, illetve, ha a két mérés eredményének szórása az átlagérték százalékában – azaz a variációs együttható – az esetek 95 százalékában kisebb, mint 3,2% (lásd e könyv 20.1.1. fejezetét és a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezetét); továbbá hogy az MSZ 4798:2018 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszában megszabott, átlagszilárdságtól független, $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú betonokra vonatkozó szórási határérték $\sigma_{\text{test,min}} = 3 \text{ N/mm}^2$; valamint hogy az egykori MSZ 15022-1:1971 szabványban 15%-os variációs együtthatóval számoltak. Ezekkel a fenti, az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerinti 15%-os nyomószilárdság terjedelem elfogadási feltétel nincs összhangban.

tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság mellett kell ellenőrizni az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasz (5) bekezdése alatti *Taerwe*-tényező vagy az P2.2.3. szakasz alatti *Student*-tényező összefüggések valamelyikével (20.1.4.1. táblázat).

Ha a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét nem konstans alulmaradási tágasság mellett, hanem az eredeti nyomószilárdság vizsgálati értékek tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság mellett ellenőrizzük, akkor ennek eredménye a mértékadó (MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha meggondoljuk, hogy egyrészt 1977-2002 között a vasbeton szerkezeteink méretezése során (például MSZ 15022-1:1971) azzal számoltak, hogy a beton nyomószilárdságának szórása az átlag 15%-a ($s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,15$ a variációs együtthatónak vagy variációs tényezőnek nevezett relatív szórás), másrészt az MSZ 4798-1:2004 szabvány N4.1. és N4.5. szakasza szerint a terjedem és a szórás hányadosának várható értéke 95%-os statisztikai biztonság mellett – követve a matematikai statisztika elméletét (MSZ ISO 5725-1:2000), (Harter et al., 1960), (Graf et al., 1966) – például három mérés esetén $\omega_3 = \text{terjedem}/\text{szórás} = 3,31$ és öt mérés esetén $\omega_5 = \text{terjedem}/\text{szórás} = 3,86$, akkor megállapíthatjuk, hogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerinti $\text{terjedem}_{rel} = \text{terjedem}/\text{átlag} \leq 0,15$ követelmény nehezen értelmezhető, illetve igen szigorú, hiszen

- ha a $\text{terjedem} = \text{szórás} \times \omega$, akkor $\text{terjedem}/\text{átlag} = (\text{szórás}/\text{átlag}) \times \omega = \text{terjedem}_{rel} = s_{rel} \times \omega$, és így például három mérés esetén $\text{terjedem}/\text{átlag} < s_{rel} \times \omega_3 = 0,15 \times \omega_3 = 0,50$ és öt mérés esetén $\text{terjedem}/\text{átlag} < s_{rel} \times \omega_5 = 0,15 \times \omega_5 = 0,58$ lenne az $s_{rel} = 0,15$ variációs együtthatóhoz tartozó megengedett terjedem/átlagérték;
- az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasza szerint például a $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke $3,0 \text{ N/mm}^2$, amelyre tekintettel adódna, hogy ez esetben a nyomószilárdság terjedelmének számításba vett legkisebb értéke három mérés esetén $3,0 \times \omega_3 = 9,9 \text{ N/mm}^2$ (amely $66,0 \text{ N/mm}^2$ átlagértéknek a 15%-a) és öt mérés esetén $3,0 \times \omega_5 = 11,6 \text{ N/mm}^2$ (amely $77,3 \text{ N/mm}^2$ átlagértéknek a 15%-a). Ezek a példák szerint számításba vehető legkisebb terjedelmek ($9,9$ és $11,6 \text{ N/mm}^2$) jószorivel nagyobbak, mint amelyek a $\text{terjedem}/\text{átlag} \leq 0,15$ feltételt előíró MSZ EN 206:2014 szabvány szerint a $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú betonokhoz tartozhatnak.

20.1.4.1. táblázat: Alulmaradási tényezők $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szinten (konfidenciaszinten)

Mintasám	Szabadságfok a <i>Student</i> -elosztás esetén, $f = n - 1$	<i>Student</i> -tényező t_n	<i>Taerwe</i> -tényező λ_n
n	<i>(Federighi, 1959), (Stange et al., 1966)</i> ³⁴² MSZ 256-2:1973		<i>(Taerwe, 1986)</i>
2	1	6,314	

³⁴² Az ebben a könyvben és az MSZ 4798:2016 szabványban szereplő *Student*-tényező értékek a visszavont MSZ 256-2:1973 szabványból, illetve *Federighi* (1959) és *Stange – Henning* (1966) matematikai statisztikai könyvéből származnak. Ugyanezek az értékek találhatóak például *Mohr* (2008) mérnököknek és természettudósoknak szánt matematikai statisztikai könyvében. Ezekről a *Student*-tényező értékektől bizonyos törvényszerűséggel eltérnek nem csak az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1. táblázatában, hanem a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban szereplő *Student*-tényező értékek is. (Az MSZ 4720-2:1980 szabványbeli értékek nem azonosak sem a *Stange – Henning*-féle, sem az MSZ EN 1990:2011 szabvány szerinti értékekkel.) *Palotás* professzor szerint (1979) a *Student*-tényezőt annak idején még közelítő számítással határozták meg.

20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

3	2	2,920	2,67
4	3	2,353	2,20
5	4	2,132	1,99
6	5	2,015	1,87
7	6	1,943	1,77
8	7	1,895	1,72
9	8	1,860	1,67
10	9	1,833	1,62
11	10	1,812	1,58
12	11	1,796	1,55
13	12	1,782	1,52
14	13	1,771	1,50
15	14	1,761	1,48
20	19	1,729	
30	29	1,699	
∞	∞	1,645	

A konstans alulmaradási tágasság melletti ellenőrzéshez túl nagy terjedelmű nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmének és átlagának MSZ 4789:2016 szabvány szerinti javítására a 20.1.4.2. táblázatban mutatunk be példát. A példa szerint az eredetileg 39,9 N/mm² átlagértékű és 15,3 N/mm² terjedelmű, 38,3% relatív terjedelmű nyomószilárdság-vizsgálati minta konstans alulmaradási tágasság melletti nyomószilárdság-ellenőrzéshez a 100×5,0/36,5 = 13,7% relatív terjedelemhez tartozó 36,5 N/mm² átlaggal vehető figyelembe.

A 20.1.4.2. táblázat példájában az egyedi relatív terjedelem szempontjából valamennyi részminta megfelel, tehát a három-három kocka eredménye minden részmintában összefér és átlagolható, mert az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 2. táblázatának ismételhetségi feltétele szerint a relatív terjedelem elfogadható értéke három próbakocka esetén: 8/0,82 = 9,76%.

20.1.4.2. táblázat: Példa a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmének és átlagának javítására a nyomószilárdság megfelelőségének konstans alulmaradási tágasság melletti ellenőrzéséhez

Sorszám	Egyedi nyomószilárdságok N/mm ²			Átlag N/mm ²	Egyedi rel. terjedelem,%
1.	46,00	45,50	44,30	45,27	3,76
2.	34,50	35,50	34,50	34,83	2,87
3.	37,70	38,10	37,80	37,87	1,06
4.	43,10	44,30	42,30	43,23	4,63
5.	39,10	39,80	38,30	39,07	3,84
6.	34,10	33,70	34,30	34,03	1,76
7.	39,90	39,80	39,50	39,73	1,01
8.	34,80	34,20	34,50	34,50	1,74
9.	40,40	43,30	40,30	41,33	7,26
10.	39,80	38,60	37,80	38,73	5,16
11.	40,70	42,60	39,20	40,83	8,33
12.	50,20	49,70	48,00	49,30	4,46
Átlag:				39,89	

20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,98	
Terjedelem:	nem felel meg:	15,27	
Legnagyobb érték:		49,30	

20.1.4.2. táblázat folytatódik

20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

20.1.4.2. táblázat folytatása

Sorszám		Átlag N/mm ²		Átlag N/mm ²
Elhagyott érték:		1. javítás 49,3		2. javítás 45,27
1.		45,27		34,83
2.		34,83		37,87
3.		37,87		43,23
4.		43,23		39,07
5.		39,07		34,03
6.		34,03		39,73
7.		39,73		34,50
8.		34,50		41,33
9.		41,33		38,73
10.		38,73		40,83
11.		40,83		–
Átlag:		39,04		38,42
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,86		5,76
Terjedelem:	nem felel meg:	11,23	nem felel meg:	9,20
Legnagyobb érték:		45,27		43,23

Sorszám		Átlag N/mm ²		Átlag N/mm ²
Elhagyott érték:		3. javítás 43,23		4. javítás 41,33
1.		34,83		34,83
2.		37,87		37,87
3.		39,07		39,07
4.		34,03		34,03
5.		39,73		39,73
6.		34,50		34,50
7.		41,33		38,73
8.		38,73		40,83
9.		40,83		–
Átlag:		37,88		37,45
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,68		5,62
Terjedelem:	nem felel meg:	7,30	nem felel meg:	6,80
Legnagyobb érték:		41,33		40,83

20.1.4.2. táblázat folytatódik

20.1.4.2. táblázat folytatása

Sorszám		Átlag N/mm ²		Átlag N/mm ²	
Elhagyott érték:			5. javítás 40,83		6. javítás 39,73
1.			34,83		34,83
2.			37,87		37,87
3.			39,07		39,07
4.			34,03		34,03
5.			39,73		34,50
6.			34,50		38,73
7.			38,73		—
Átlag:			36,97		36,51
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:			5,55		5,48
Terjedelem:	nem felel meg:		5,70	MEGFELEL:	5,03
Legnagyobb érték:			39,73		39,07

A régi MNOSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961 szabvány 5.55 szakasza szerint „ha a szélső törési eredmények az átlagos törőerőtől legfeljebb 15%-kal térnek el, a vizsgált beton átlagszilárdsága az egyes próbatestek törési eredményeiből számított törőfeszültségek számtani középértéke.” Az átlagtól legfeljebb 15%-kal eltérő szélső törési eredmény kifejezés, mint feltétel, lényegében azt jelenti, hogy az MNOSZ 4715:1955 szabvány szerint a nyomószilárdság megengedett terjedelme az átlagértéknek 30%-a volt, azaz kétszerese az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány által előírt terjedelem/átlag $\leq 0,15$ feltételnek.

Palotás László (1979) könyvének 9.6. fejezetében nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdság-vizsgálati példáján mutatja be a szilárdságvizsgálati eredmények – betontechnológus számára is tanulságos – értékelését a matematikai statisztika alkalmazásával. A BME Építőanyagok Tanszék laboratóriumában a vizsgált 470 darab téglát hangzás szerint 47 csoportba osztották. 10 elem alkotott egy csoportot. A vizsgálat tehát úgy nevezett szűrőpróbás vizsgálat volt, $n = 10$ elemszámú, $k = 47$ db szűrőpróbával. Az x_i nyomószilárdság mérési eredmények értékelése a következő vizsgálati eredményekre vezetett:

Az összes téglá nyomószilárdságának középértéke:

$$\bar{x} = \frac{1}{470} \times \sum_{i=1}^{470} x_i = 198,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Az n elemű szűrőpróbák nyomószilárdsága középértékeinek középértéke:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} \bar{x}_i = 199,5 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

ahol $\bar{x}_i$ egyetlen i jelű szűrőpróba középértéke:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{10} \times \sum_{i=1}^{10} x_i$$

20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

A mintabeli közepes terjedelem k számú, n elemű, s_i szórású szűrőpróba esetén:

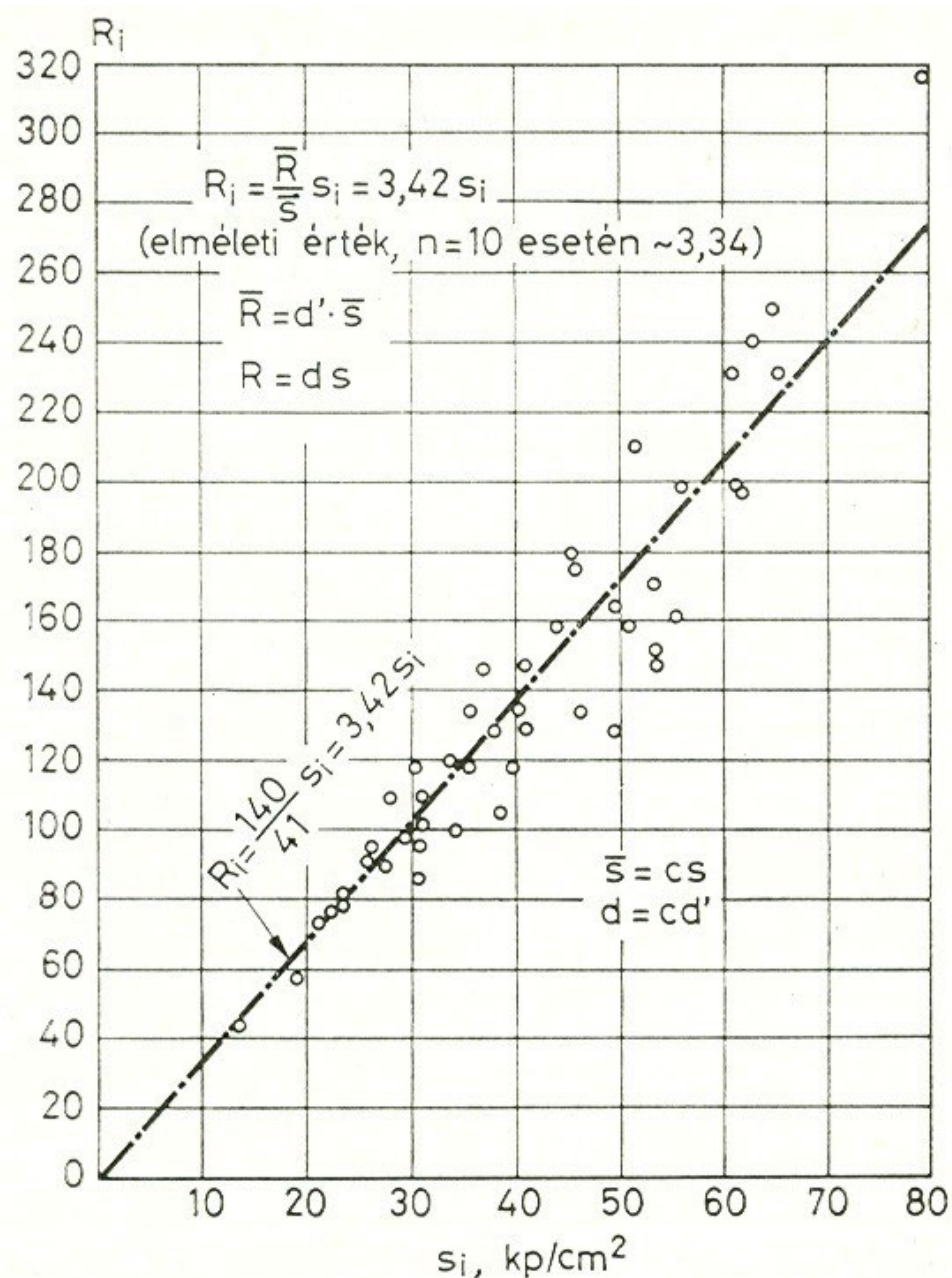
$$\bar{R} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} R_i = 140,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

A mintabeli közepes szórás k számú, n elemű, s_i szórású szűrőpróba esetén:

$$\bar{s} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} s_i = 41,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

A nagyszilárdságú téglá nyomószilárdsága mintabeli közepes terjedelme és szórása hányadosának a szűrőpróba elemszámától (n) függő tapasztlati értéke $n = 10$ esetén:

$$d' = \frac{\bar{R}}{\bar{s}} = 3,415$$



20.1.4.1. ábra: Összefüggés a nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdságának szórása és terjedelme között (*Palotás*, 1979. 1. kötet. III. 173. ábra)

EZ 8 OLDALLAL LEJEBB MÉG EGYSZER SZEREPEL. MIÉRT?????

A mintabeli közepes terjedelem és szórás hányadosának a szűrőpróba elemszámától (n) függő elméleti értéke $n = 10$ esetén $d' = 3,336$.

A szűrőpróba mintabeli közepes szórásának ($\bar{s}$), illetve a szűrőpróba mintabeli közepes terjedelmének ($\bar{R}$) és az alapsokaságot megjelenítő nagy minta szórásának (s) a szűrőpróba elemszámától (n) függő elméleti összefüggése $n = 10$ esetén:

$$c = \frac{\bar{s}}{s} = \frac{\bar{R}}{s \times d'} = \frac{d}{d'} = 0,9227, \text{ ahol: } d = \frac{\bar{R}}{s} = 3,078$$

A nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdsága fentiek szerint *Palotás* (1979) által meghatározott szórásának és terjedelmének összefüggése *20.1.4.1. ábrán* látható.

A kísérlet eredményéből *Palotás* (1979) azt a következtetést vonta le, hogy a nyomószilárdság szórása és a terjedelme között gyakorlatilag lineáris összefüggés van, és tegyük hozzá, hogy a terjedelem a szórásnak többszöröse, általában mintegy legalább háromszorosa. Véleményünk szerint ez a megállapítás – a számszerű adatoktól elvonatkoztatva – általános törvényszerűségnek tekinthető, amely a betonpróbatetek nyomószilárdsága terjedelmének és szórásának kapcsolatára is érvényes.

Összegezve: A nyomószilárdság szórása és terjedelme között gyakorlatilag lineáris összefüggés van, és a terjedelem a szórásnak többszöröse, általában mintegy legalább háromszorosa.

A beton nyomószilárdsága terjedelmét a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolása során akkor szükséges korlátozni, ha a nyomószilárdság jellemző értékét konstans alulmaradási tágassággal határozzák meg, ugyanis ebben a szórásnak nincs közvetlen hatása a jellemző értékre.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti relatív terjedelem – $terjedelem_{rel} = terjedelem/átlag \leq 0,15$ – ellentmondásos követelmény szigorát az MSZ 4798:2016 szabványban arra az esetre, ha nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik, enyhítették, de az ellentmondás teljes feloldásához a relatív terjedelem ($terjedelem_{rel} = terjedelem/átlag$) megengedett legnagyobb értékeként a mintegy 0,45 követelményérték előírása lenne szükséges, mert a relatív terjedelem a 0,15 értékű relatív szórás ($s_{rel} = szórás/átlag$) háromszorosával tekinthető egyenlőnek.

Ugyanakkor az egyértelmű állásfoglalást nehezíti, hogy – bár csak tájékoztatás – az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint egy laboráns által ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálat eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0% (lásd e könyv 20.1.1. fejezetét).

20.1.4. Beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében**20.1.4.1. A beton nyomószilárdságának terjedelme és relatív terjedelme**

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerint, ha egy mintából két vagy több próbatest készül, és a vizsgálati értékek terjedelme³⁴³ nyomószilárdság vizsgálat esetén nagyobb, mint az átlag 15%-a, akkor az eredményeket el kell vetni, hacsak vizsgálat nem deríti ki az egyik egyedi vizsgálati érték elvetését igazoló elfogadható okot.³⁴⁴ Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint ezt az előírást csak akkor kell alkalmazni, ha a nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik; ugyanis az

³⁴³ A vizsgálati eredmények terjedelméről – mint a legnagyobb és a legkisebb vizsgálati eredmény különbségéről – szólva talán nem felesleges megjegyezni, hogy a terjedelemre az EN 206-1:2000, illetve EN 206:2013 szabvány 2001. évi német változatában (DIN EN 206-1:2001 szabvány 8.2.1.2 szakaszában és B.2 fejezetében) a „die Spannweite der Prüfwerte”, annak 2017. évi változatában (DIN EN 206:2017 szabvány 8.2.1.2 szakaszának (4) bekezdésében és B2 fejezetének (4) bekezdésében) pedig a „die Variationsbreite der Prüfwerte” kifejezést használják. Az osztrák Entwurf ÖNORM B 4710-1:2017-06 szabványtervezet 8.2.1.2 szakaszának (4) bekezdésében szintén a Variationsbreite, ugyanakkor a B2 fejezet (4) bekezdésében a Spannweite szó szerepel.

A német Spannweite, Variationsbreite, Streubereich szavak egymásnak szinonimái (lásd például: <http://wiki.lewumpy.de/Uni/StatistischeParameter>; <https://uniwissenpsycho.wordpress.com/2011/12/18/range-statistik/>; <https://www.mathe-lexikon.at/statistik.html>; Hartung 2009), miközben a német Varianz szó tapasztalati szórásnégyzetet, a Standardabweichung tapasztalati szórást, a Variationskoeffizient variációs együtthatót vagy más szóval relatív szórást jelent (Hartung 2009).

A szabvány angol nyelvű változataiban a szóhasználat nem változott: „the range of the test values”.

³⁴⁴ Emlékeztetünk arra, hogy az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint az egyesült királyságbeli kísérletek tapasztalatai alapján például egy laboráns ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálati eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%, illetve, ha a két mérés eredményének szórása az átlagérték százalékában – azaz a variációs együttható – az esetek 95 százalékában kisebb, mint 3,2% (lásd e könyv 20.1.1. fejezetét és a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezetét); továbbá hogy az MSZ 4798:2018 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszában megszabott, átlagszilárdságtól független, $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú betonokra vonatkozó szórási határérték $\sigma_{\text{test,min}} = 3 \text{ N/mm}^2$; valamint hogy az egykori MSZ 15022-1:1971 szabványban 15%-os variációs együtthatóval számoltak. Ezekkel a fenti, az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerinti 15%-os nyomószilárdság terjedelem elfogadási feltétel nincs összhangban.

alulmaradási tényezős ellenőrzés esetén az alulmaradási tágasság kellő mértékben korlátozza a vizsgálati eredmények számításba vehető terjedelmét.

Ha a nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik a típusvizsgálat, a kezdeti vagy folyamatos gyártás, az átadás-átvétel, netán az azonosító vizsgálat során – akár az AC70, akár az AC50(H) feltétel szerint – akkor a próbatestek vagy minták nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek terjedelme ne legyen nagyobb, mint a vizsgálati eredmények átlagának 15%-a. Ha ilyen esetben a nyomószilárdság értékek terjedelme az átlag 15%-ánál nagyobb, akkor szabad az átlagot és a terjedelmet a legnagyobb nyomószilárdság vizsgálati érték elhagyásával újraszámítani, és ezt az újraszámítást mindaddig (akár két próbatest vagy minta vizsgálati értékéig is) folytatni, amíg az újraszámított terjedelem egyenlő vagy kisebb lesz, mint az újraszámított átlag 15%-a (MSZ 4798:2016).

A beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolásához konstans alulmaradási tágasság mellett az így utolsónak újraszámított átlagot kell használni, vagy a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét az eredeti nyomószilárdság vizsgálati értékek tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság mellett kell ellenőrizni az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasz (5) bekezdése alatti *Taerwe*-tényezős vagy az P2.2.3. szakasz alatti *Student*-tényezős összefüggések valamelyikével (20.1.4.1. táblázat).

Ha a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét nem konstans alulmaradási tágasság mellett, hanem az eredeti nyomószilárdság vizsgálati értékek tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság mellett ellenőrizzük, akkor ennek eredménye a mértékadó (MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha meggondoljuk, hogy egyrészt 1977-2002 között a vasbetonszerkezeteink méretezése során (például MSZ 15022-1:1971) azzal számoltak, hogy a beton nyomószilárdságának szórása az átlag 15%-a ($s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,15$ a variációs együtthatónak vagy variációs tényezőnek nevezett relatív szórás), másrészt az MSZ 4798-1:2004 szabvány N4.1. és N4.5. szakasza szerint a terjedem és a szórás hányadosának várható értéke 95%-os statisztikai biztonság mellett – követve a matematikai statisztika elméletét (MSZ ISO 5725-1:2000), (Harter, 1960), (Graf et al., 1966) – például három mérés esetén $\omega_3 = \text{terjedelem}/\text{szórás} = 3,31$ és öt mérés esetén $\omega_5 = \text{terjedelem}/\text{szórás} = 3,86$, akkor megállapíthatjuk, hogy az MSZ EN 206:2013+A2:2021, illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerinti $\text{terjedelem}_{rel} = \text{terjedelem}/\text{átlag} \leq 0,15$ követelmény nehezen értelmezhető, illetve igen szigorú, hiszen

- ha a $\text{terjedelem} = \text{szórás} \times \omega$, akkor $\text{terjedelem}/\text{átlag} = (\text{szórás}/\text{átlag}) \times \omega = \text{terjedelem}_{rel} = s_{rel} \times \omega$, és így például három mérés esetén $\text{terjedelem}/\text{átlag} < s_{rel} \times \omega_3 = 0,15 \times \omega_3 = 0,50$ és öt mérés esetén $\text{terjedelem}/\text{átlag} < s_{rel} \times \omega_5 = 0,15 \times \omega_5 = 0,58$ lenne az $s_{rel} = 0,15$ variációs együtthatóhoz tartozó megengedett terjedelem/átlag érték;
- az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasza szerint például a $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke $3,0 \text{ N/mm}^2$, amelyre tekintettel adódna, hogy ez esetben a nyomószilárdság terjedelmének számításba vett legkisebb értéke három mérés esetén $3,0 \times \omega_3 = 9,9 \text{ N/mm}^2$ (amely $66,0 \text{ N/mm}^2$ átlagértéknek a 15%-a) és öt mérés esetén $3,0 \times \omega_5 = 11,6 \text{ N/mm}^2$ (amely $77,3 \text{ N/mm}^2$ átlagértéknek a 15%-a). Ezek a példák szerint számításba vehető legkisebb terjedelmek ($9,9$ és $11,6 \text{ N/mm}^2$) jószorivel nagyobbak, mint amelyek a $\text{terjedelem}/\text{átlag} \leq 0,15$ feltételt előíró MSZ EN 206:2014 szabvány szerint a $\leq C50/60$ nyomószilárdsági osztályú betonokhoz tartozhatnak.

20.1.4.1. táblázat: Alulmaradási tényezők $\beta_1 = 0,95$ megbízhatósági szinten (konfidenciaszinten)

Mintas szám n	Szabadságfok a <i>Student</i> -féle eloszlás esetén $f = n - 1$	<i>Student</i> - tényező t_n	<i>Taerwe</i> - tényező λ_n
	(Stange et al., 1966) ³⁴⁵ MSZ 256-2:1972		(Taerwe, 1986)
2	1	6,314	
3	2	2,920	2,67
4	3	2,353	2,20
5	4	2,132	1,99
6	5	2,015	1,87
7	6	1,943	1,77
8	7	1,895	1,72
9	8	1,860	1,67
10	9	1,833	1,62
11	10	1,812	1,58
12	11	1,796	1,55
13	12	1,782	1,52
14	13	1,771	1,50
15	14	1,761	1,48
20	19	1,729	
30	29	1,699	
∞	∞	1,645	

A konstans alulmaradási tágasság melletti ellenőrzéshez túl nagy terjedelmű nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmének és átlagának MSZ 4789:2016 szabvány szerinti javítására a 20.1.4.2. táblázatban mutatunk be példát. A példa szerint az eredetileg 39,9 N/mm² átlagértékű és 15,3 N/mm² terjedelmű, 38,3% relatív terjedelmű nyomószilárdság-vizsgálati minta konstans alulmaradási tágasság melletti nyomószilárdság-ellenőrzéshez a 100×5,0/36,5 = 13,7% relatív terjedelemhez tartozó 36,5 N/mm² átlaggal vehető figyelembe.

A 20.1.4.2. táblázat példájában az egyedi relatív terjedelem szempontjából valamennyi részminta megfelel, tehát a három-három kocka eredménye minden részmintában összefér és átlagolható, mert az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 2. táblázatának ismételhetőségi feltétele szerint a relatív terjedelem elfogadható értéke három próbakocka esetén: $8/0,82 = 9,76\%$.

20.1.4.2. táblázat: Példa a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmének és átlagának javítására a nyomószilárdság megfelelőségének konstans alulmaradási tágasság melletti ellenőrzéséhez

Sorszám	Egyedi nyomószilárdságok N/mm ²			Átlag N/mm ²	Egyedi rel. terjedelem,%
1.	46,00	45,50	44,30	45,27	3,76
2.	34,50	35,50	34,50	34,83	2,87
3.	37,70	38,10	37,80	37,87	1,06

³⁴⁵ Az ebben a könyvben szereplő *Student*-tényező értékek Stange – Henning (1966) matematikai statisztikai könyvéből származnak. Ugyanezek az értékek találhatók Mohr (2008) mérnököknek és természet tudósoknak szánt matematikai statisztikai könyvében. Ezekről a *Student*-tényező értékektől bizonyos mértékig eltérnek a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban szereplő *Student*-tényező értékek, mert azokat annak idején még közelítő számítással határozták meg.

20.1.4.1. A beton nyomószilárdságának terjedelme és relatív terjedelme

Dr. Kausay Tibor: BETONOSKÖNYV I. kötet

4.	43,10	44,30	42,30	43,23	4,63
5.	39,10	39,80	38,30	39,07	3,84
6.	34,10	33,70	34,30	34,03	1,76
7.	39,90	39,80	39,50	39,73	1,01
8.	34,80	34,20	34,50	34,50	1,74
9.	40,40	43,30	40,30	41,33	7,26
10.	39,80	38,60	37,80	38,73	5,16
11.	40,70	42,60	39,20	40,83	8,33
12.	50,20	49,70	48,00	49,30	4,46
Átlag:				39,89	
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:				5,98	
Terjedelem:			nem felel meg:	15,27	
Legnagyobb érték:				49,30	

20.1.4.2. táblázat folytatódik

20.1.4.2. táblázat folytatása

Sorszám		Átlag N/mm ²		Átlag N/mm ²
Elhagyott érték:		1. javítás 49,3		2. javítás 45,27
1.		45,27		34,83
2.		34,83		37,87
3.		37,87		43,23
4.		43,23		39,07
5.		39,07		34,03
6.		34,03		39,73
7.		39,73		34,50
8.		34,50		41,33
9.		41,33		38,73
10.		38,73		40,83
11.		40,83		–
Átlag:		39,04		38,42
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,86		5,76
Terjedelem:	nem felel meg:	11,23	nem felel meg:	9,20
Legnagyobb érték:		45,27		43,23

Sorszám		Átlag N/mm ²		Átlag N/mm ²
Elhagyott érték:		3. javítás 43,23		4. javítás 41,33
1.		34,83		34,83
2.		37,87		37,87
3.		39,07		39,07
4.		34,03		34,03
5.		39,73		39,73
6.		34,50		34,50
7.		41,33		38,73
8.		38,73		40,83
9.		40,83		–
Átlag:		37,88		37,45
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,68		5,62
Terjedelem:	nem felel meg:	7,30	nem felel meg:	6,80
Legnagyobb érték:		41,33		40,83

20.1.4.2. táblázat folytatódik

20.1.4.2. táblázat folytatása

Sorszám		Átlag N/mm ²		Átlag N/mm ²	
Elhagyott érték:		5. javítás 40,83		6. javítás 39,73	
1.		34,83		34,83	
2.		37,87		37,87	
3.		39,07		39,07	
4.		34,03		34,03	
5.		39,73		34,50	
6.		34,50		38,73	
7.		38,73		–	
Átlag:		36,97		36,51	
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,55		5,48	
Terjedelem:	nem felel meg:	5,70	MEGFELEL:	5,03	
Legnagyobb érték:		39,73		39,07	

A régi MNOSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961 szabvány 5.55 szakasza szerint „ha a szélső törési eredmények az átlagos törőerőtől legfeljebb 15%-kal térnek el, a vizsgált beton átlagszilárdsága az egyes próbatestek törési eredményeiből számított törőfeszültségek számtani középértéke.” Az átlagtól legfeljebb 15%-kal eltérő szélső törési eredmény kifejezés, mint feltétel, lényegében azt jelenti, hogy az MNOSZ 4715:1955 szabvány szerint a nyomószilárdság megengedett terjedelme az átlagértéknek 30%-a volt, azaz kétszerese az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány által előírt terjedelem/átlag $\leq 0,15$ feltételnek.

Palotás László (1979) könyvének 9.6. fejezetében nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdság-vizsgálati példáján mutatja be a szilárdságvizsgálati eredmények – betontechnológus számára is tanulságos – értékelését a matematikai statisztika alkalmazásával. A BME Építőanyagok Tanszék laboratóriumában a vizsgált 470 darab téglát hangzás szerint 47 csoportba osztották. 10 elem alkotott egy csoportot. A vizsgálat tehát úgy nevezett szűrőpróbás vizsgálat volt, $n = 10$ elemszámú, $k = 47$ db szűrőpróbával. Az x_i nyomószilárdság mérési eredmények értékelése a következő vizsgálati eredményekre vezetett:

Az összes téglá nyomószilárdságának középértéke:

$$\bar{x} = \frac{1}{470} \times \sum_{i=1}^{470} x_i = 198,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Az n elemű szűrőpróbák nyomószilárdsága középértékeinek középértéke:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} \bar{x}_i = 199,5 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

ahol $\bar{x}_i$ egyetlen i jelű szűrőpróba középértéke:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{10} \times \sum_{i=1}^{10} x_i$$

A mintabeli közepes terjedelem k számú, n elemű, s_i szórású szűrőpróba esetén:

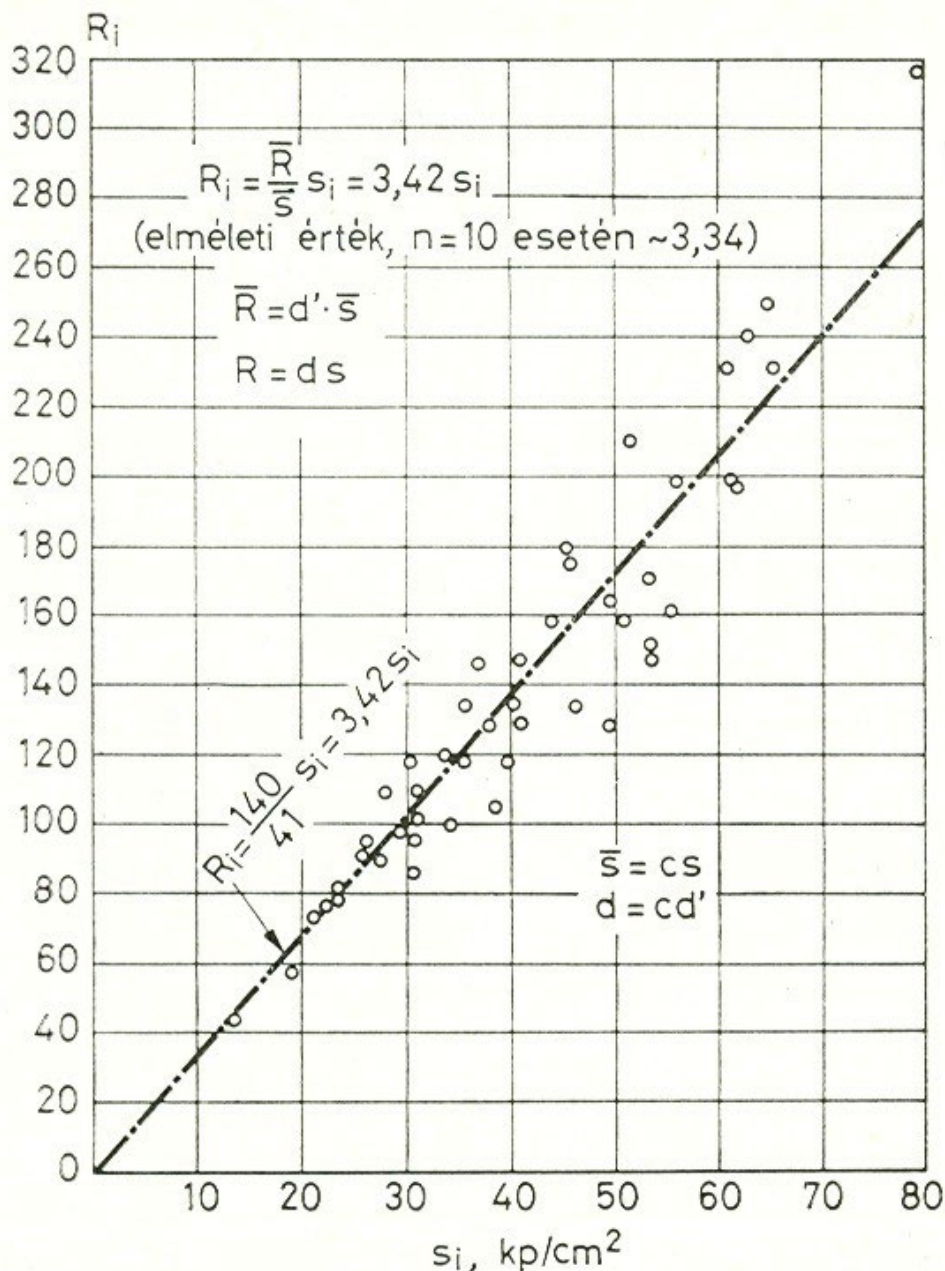
$$\bar{R} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} R_i = 140,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

A mintabeli közepes szórás k számú, n elemű, s_i szórású szűrőpróba esetén:

$$\bar{s} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} s_i = 41,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

A nagyszilárdságú téglá nyomószilárdsága mintabeli közepes terjedelme és szórása hányadosának a szűrőpróba elemszámától (n) függő tapasztalati értéke $n = 10$ esetén:

$$d' = \frac{\bar{R}}{\bar{s}} = 3,415$$



20.1.4.1. ábra: Összefüggés a nagyszilárdságú falazótégák nyomószilárdságának szórása és terjedelme között (Palotás, 1. kötet. III. 173. ábra)

EZ 8 OLDALLAL FELJEBB MÉG EGYSZER SZEREPEL. MIÉRT?????

A mintabeli közepes terjedelem és szórás hányadosának a szűrőpróba elemszámától (n) függő elméleti értéke $n = 10$ esetén $d' = 3,336$.

A szűrőpróba mintabeli közepes szórásának ($\bar{s}$), illetve a szűrőpróba mintabeli közepes terjedelmének ($\bar{R}$) és az alapsokaságot megjelenítő nagy minta szórásának (s) a szűrőpróba elemszámától (n) függő elméleti összefüggése $n = 10$ esetén:

$$c = \frac{\bar{s}}{s} = \frac{\bar{R}}{s \times d'} = \frac{d}{d'} = 0,9227, \text{ ahol: } d = \frac{\bar{R}}{s} = 3,078$$

A nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdsága fentiek szerint *Palotás* (1979) által meghatározott szórásának és terjedelmének összefüggése 20.1.4.1. ábrán látható.

A kísérlet eredményéből *Palotás* (1979) azt a következtetést vonta le, hogy a nyomószilárdság szórása és a terjedelme között gyakorlatilag lineáris összefüggés van, és tegyük hozzá, hogy a terjedelem a szórásnak többszöröse, általában mintegy legalább háromszorosa. Véleményünk szerint ez a megállapítás – a számszerű adatoktól elvonatkoztatva – általános törvényszerűségnek tekinthető, amely a betonpróbatetek nyomószilárdsága terjedelmének és szórásának kapcsolatára is érvényes.

Összegezve: A nyomószilárdság szórása és terjedelme között gyakorlatilag lineáris összefüggés van, és a terjedelem a szórásnak többszöröse, általában mintegy legalább háromszorosa.

A beton nyomószilárdsága terjedelmét a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolása során akkor szükséges korlátozni, ha a nyomószilárdság jellemző értékét konstans alulmaradási tágassággal határozzák meg, ugyanis ebben a szórásnak nincs közvetlen hatása a jellemző értékre.

Az MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabvány szerinti relatív terjedelem – $terjedelem_{rel} = terjedelem/átlag \leq 0,15$ – ellentmondásos követelmény szigorát az MSZ 4798:2016 szabványban arra az esetre, ha nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik, enyhítették, de az ellentmondás teljes feloldásához a relatív terjedelem ($terjedelem_{rel} = terjedelem/átlag$) megengedett legnagyobb értékeként a mintegy 0,45 követelményérték előírása lenne szükséges, mert a relatív terjedelem a 0,15 értékű relatív szórás ($s_{rel} = szórás/átlag$) háromszorosával tekinthető egyenlőnek.

Ugyanakkor az egyértelmű állásfoglalást nehezíti, hogy – bár csak tájékoztatás – az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint egy laboráns által ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálat eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0% (lásd e könyv 20.1.1. fejezetét).

20.1.4.2. A beton nyomószilárdságának szórása és relatív szórása

Megnézni: DAfStb Heft 619. meg van nekem

A beton nyomószilárdsága szórásának mértéke, tulajdonságai és okozati összefüggései nemcsak az átlagos nyomószilárdság megbízhatóságának, elfogadhatóságának, hanem a nyomószilárdság jellemző értékének meghatározása szempontjából is különös figyelmet érdemelnek, és ezért régóta foglalkoztatják a kutatókat.

Arneth (1956) az 1955 második félévében épült dél-bajor útpályák betonburkolata betonjainak nyomószilárdság vizsgálati eredményeit dolgozta fel a matematikai statisztika eszközeivel, a nyomószilárdság vizsgálati eredmények *Gauss*-féle normális-eloszlásának feltételezésével. *Arneth* építéshelyenként mintegy 150 darab közel 28 napos korú egyes nyomó-, illetve hajlító-húzószilárdság és legalább 80 darab 28-56 napos korú egyes magminta nyomószilárdság vizsgálati eredményt értékelt. A próbakockák élhossza 200 mm, a pályalemezből kivágott próbahasábok hossza 700 mm, magassága a pályalemez vastagságával azonos (többnyire 200 mm) és szélessége ennek kétszerese volt. A sablonban készült próbakockákat és próbahengereket 28 napos korban, a pályából kivágott próbahasábokat és a Ø150×150 mm méretű fűrt magminta próbahengereket 28-56 napos korban vizsgálta.

Valamennyi vizsgált építéshelyen elérték a 48,0 N/mm² átlagos próbakocka nyomószilárdságot. A vizsgálati minták hajlító-húzószilárdságának átlaga 6,27-7,44 N/mm² közé esett, átlaguk 6,53 N/mm² volt. A 46,6 N/mm² átlagos nyomószilárdságú magminta próbahengerek egyedi nyomószilárdsága 30,2-63,2 N/mm² közötti értéket vett fel.

A próbakockák nyomószilárdságának szórása 3,5-6,0 N/mm² között, a próbahasábok hajlító-húzószilárdságának szórása 0,40-0,88 N/mm² változott. A magminta próbahengerek nyomószilárdságának szórása 5,8-8,4 N/mm² között ingadozott. A különböző építéshelyek betonjainak eltérő szórása az építéshelyenként eltérően előkészített (saját kitermelésű és feldolgozású, vagy több szállítótól beszerzett) adalékanyagok eltérő szemmegoszlási tulajdonságainak volt tulajdonítható.

Például az egyik kísérlet sorozat egyenként 3 darab 28 napos korú próbakockából álló 53 vizsgálati mintája nyomószilárdságának átlaga 48,48 N/mm², szórása 3,52 N/mm², a 159 próbakocka nyomószilárdságának szórása 3,95 N/mm² volt.

Másik példa 61 darab 28-56 napos korú fűrt magminta próbahengere nyomószilárdságának átlagára 45,0 N/mm² és szórására 7,17 N/mm² adódott.

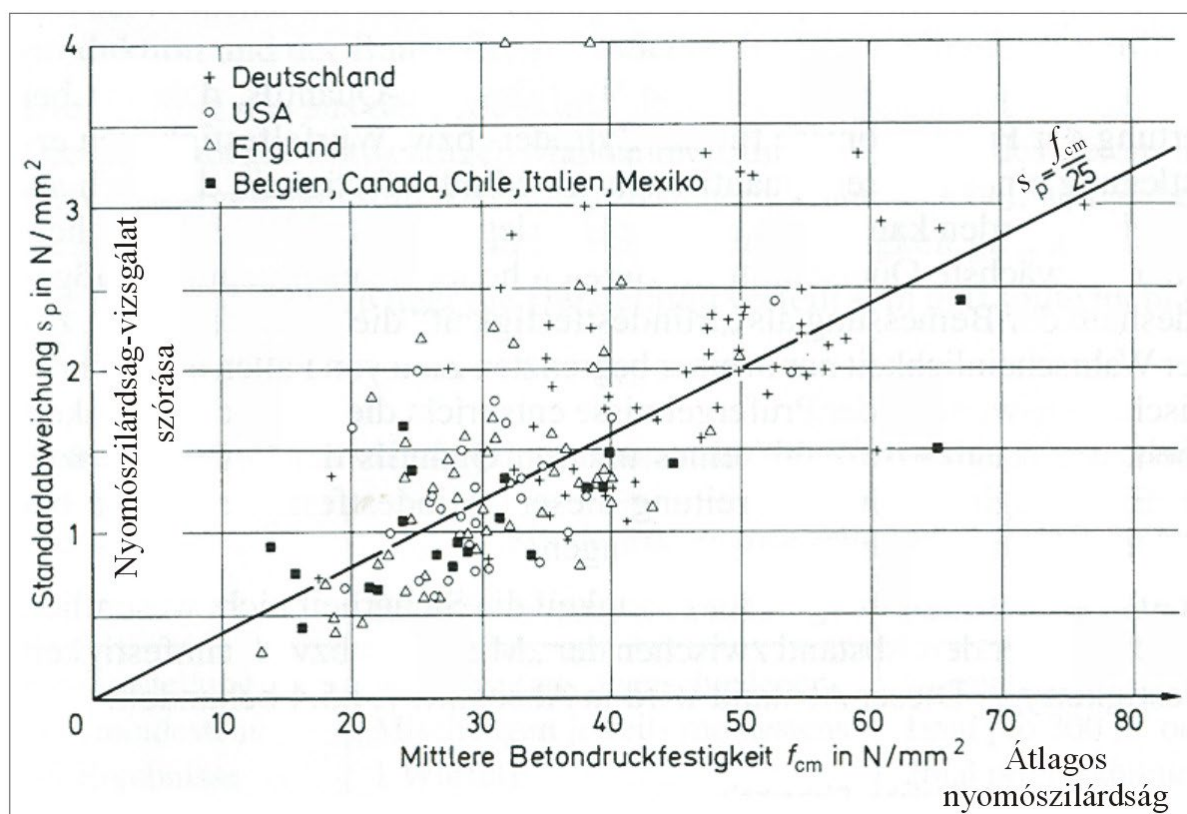
Arneth (1956) több mint 250 összehasonlítható vizsgálati minta szilárdság vizsgálati eredményéből kiszámította, hogy a minták egyes nyomószilárdsági eredményeinek szórása a minta átlagos nyomószilárdságához képest átlagosan 4,85%, és a minták egyes hajlító-húzószilárdsági eredményeinek szórása a minta átlagos hajlító-húzószilárdságához képest átlagosan 5,60%. Ez utóbbira bemutatott harmadik példa szerinti kísérlet sorozat 150 darab próbahasábja hajlító-húzószilárdságának szórása szórása a minta átlagos hajlító-húzószilárdságához képest átlagosan 5,58% volt.

Arneth (1956) arra a végkövetkeztetésre jutott, hogy a vizsgált B 370 (mai C25/30) nyomószilárdsági osztályú beton esetén három próbakocka nyomószilárdságának terjedelme 95%-os valószínűséggel a szórás 2,33-szorosa, illetve az átlagos nyomószilárdság 22%-a. Véleménye szerint öt próbatest esetén a terjedelem 99%-os valószínűséggel a nyomószilárdság átlagának 19%-ára, nyolc próbatest esetén gyakorlatilag 100%-os valószínűséggel 15%-ára csökken.

Az okozati viszonyokat illetően *Rüsch* és szerzőtársai (1969) tanulmányának 4. táblázata után *Grübl* és szerzőtársai (2001) szerint a beton szilárdsága, illetve nyomószilárdsága szórásának három fő oka van:

- a betonalkotóanyagok tulajdonságainak szórása;
- a betonkészítés (keverés, szállítás, bedolgozás, utókezelés) szórása;
- a szilárdság, illetve nyomószilárdság vizsgálatának (vizsgálóberendezés, a próbatestsablon anyaga, a próbatestkészítés, a próbatest alakja és mérete, a próbatest alakváltozása a terhelés módjától függően, a terhelés sebessége, a próbatest hidro- és hőtechnikai állapota, előélete stb.) szórása.

A szó szoros értelmében vett nyomószilárdság-vizsgálatnak a szórása – amely összetevője a nyomószilárdság szórásának – jelentősen függ a beton nyomószilárdságától, és *Rüsch* és szerzőtársai (1969) szerint 200 mm élhosszúságú próbakocka és Ø150×150 mm méretű próbahenger esetén az átlagos nyomószilárdság 1/25-ét teszi ki, ami 4%-os relatív szórásnak (variációs tényezőnek, variációs együtthatónak) felel meg, mint az a 20.1.4.2. ábrán látható (*Grübl* et al., 2001).

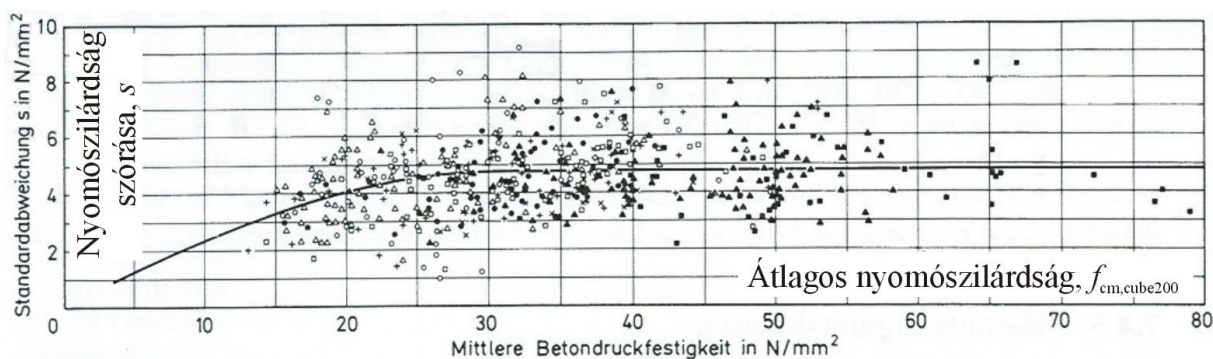


20.1.4.2. ábra: A nyomószilárdság-vizsgálat szórása (s_p , amely nem tévesztendő össze a nyomószilárdság szórásával) a beton átlagos nyomószilárdsága (f_{cm}) függvényében (*Rüsch* et al., 1969), (*Grübl* et al., 2001)

Rüsch és szerzőtársai (1969) a DIN 4227:1953 német szabvány 1972. évi átdolgozásához több mint kétezer építéshely helyszínén kevert betonjának nyomószilárdság vizsgálati adatát gyűjtötték össze a világ minden tájáról, és ezek közül 499 építéshely adata volt statisztikai értékelésre alkalmas. Ezekből tételeket képeztek; egy tétel legalább 30 darab azonos összetételű, 28 napos korú, 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt betonpróbakocka nyomószilárdságát tartalmazta; 29 tétel az 1959-1962 közötti német hídépítések építéshelyéről származott. *Rüsch* és társai összesen 590 darab B 300 nyomószilárdsági osztályú és 1439 darab

B 450 nyomószilárdsági osztályú beton egyedi vizsgálati eredményét értékelték³⁴⁶ (Maurer et al., 2012).

A Rüsch és szerzőtársai (1969) a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelését grafikusán is elvégezték (20.1.4.3. ábra), és arra a következtetésre jutottak, hogy a beton nyomószilárdságának szórása (az összes szórás) voltaképpen a víz-cement tényező szórásának a következménye, és a nyomószilárdság szórása mintegy 30 N/mm² átlagos nyomószilárdság felett lényegében független az átlagértéktől (Rüsch et al., 1969), (A. M. Fischer, 2010).



20.1.4.3. ábra: Az építéshelyi betonok nyomószilárdságának s szórása a beton f_{cm} átlagos nyomószilárdsága függvényében (Rüsch et al., 1969), (Grübl et al., 2001)

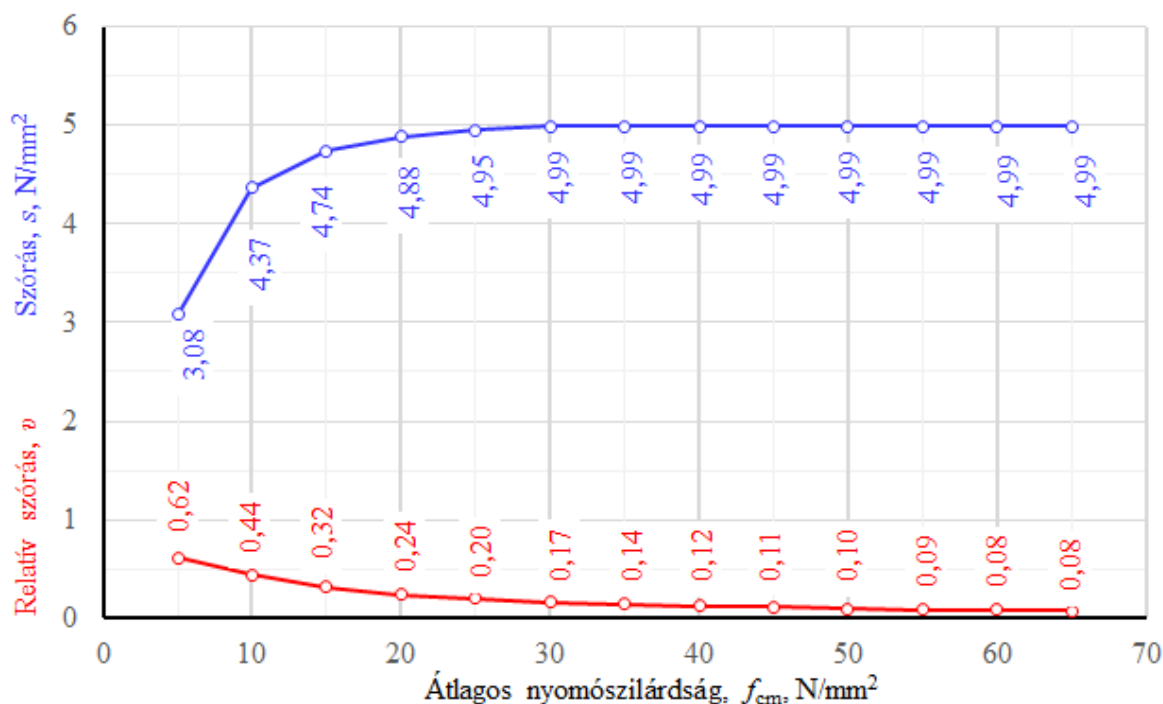
Rüsch et. al. által feldolgozott, építéshelyen kevert betonok nyomószilárdsága s szórásának átlaga 4,7 N/mm², amely a trendgörbén az $f_{cm} = 30$ N/mm² átlagos nyomószilárdsághoz tartozik. Az ennél kisebb f_{cm} átlagszilárdságok tartományában a másodfokú parabola alakú trendgörbe összefüggése a következő (20.1.4.4. ábra):

$$s = \frac{1}{0,197 + \frac{3,19}{f_{cm}^2}} \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Az s szórásnak ezt az összefüggését f_{cm} értékkel elosztva a V_x relatív szórásnak az $f_{cm} \leq 30$ N/mm² átlagszilárdságok tartományában érvényes összefüggését kapjuk (20.1.4.4. ábra):

$$v = \frac{s}{f_{cm}} = \frac{1}{0,197 \times f_{cm} + \frac{3,19}{f_{cm}}}$$

³⁴⁶ Az 1943-1972 közötti DIN 1045 szabványok szerinti B 300 nyomószilárdsági osztályú betonok a mai MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány szerinti C16/20 – C20/25, illetve az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szerinti C20/25 – C25/30, a B 450 nyomószilárdsági osztályú betonok az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szerinti C25/30 – C30/37, illetve az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szerinti C30/37 – C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonoknak felelnek meg. Lásd a 8.4. ábrát és a 8.6. táblázatot.



20.1.4.4. ábra: Az építéshelyi betonok nyomószilárdságának s szórása és V_x relatív szórása a beton f_{cm} átlagos nyomószilárdsága függvényében *Rüsch* és szerzőtársai (1969) után

Megjegyzendő, hogy az előregyártó-üzemekben készített betonok nyomószilárdságának relatív szórása 1-3 százalékkal kisebb, mint az építéshelyen kevert betonoké (*Braml*, 2010).

Rüsch és szerzőtársai (1969) kutatási eredményének hatására a CEB-FIP Model Code 90 modell kódban és az EN 1992:2004 (Eurocode 2) tervezési szabványban normális-eloszlás feltételezése mellett a beton nyomószilárdságának szórását az átlagos nyomószilárdságtól függetlenül, minden nyomószilárdsági osztályban 5 N/mm² konstans értékkel vették számításba, és így alakult ki a Ø150×300 mm méretű betonpróbahenger átlagos nyomószilárdságának ($f_{cm,cyl}$) és jellemző értékének ($f_{ck,cyl}$) kapcsolatát kifejező összefüggés:

$$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 1,645 \times 5 \approx f_{ck,cyl} + 8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ennek következtében az Eurocode 2 szabvány szerint a relatív szórás számításba vehető értéke a nyomószilárdsági osztály növekedésével csökken (*A. M. Fischer*, 2010).

Spaethe (1992) szerint 12,5 – 28,0 N/mm² nyomószilárdság között fekszik az a határ, amely alatt konstans relatív szórással és amely fölött konstans szórással kell számolni. *Spaethe* megállapítása teljes mértékben összhangban áll az MSZ 4720-2:1980 szabványnak és az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírásnak a nyomószilárdság átlaga és szórása kapcsolatáról vallott felfogásával (lásd e könyv 20.1.4.4. ábráját).

Spaethe (1992) összefüggést látott a beton-nyomószilárdság statisztikai adatai és a betonkészítés, -ellenőrzés színvonala között (20.1.4.3. táblázat). Ez a megfogalmazás emlékeztet bennünket egyrészt az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírásnak a szórás értékére vonatkozó, fenn említett összefüggésére (20.1.4.4. ábra), másrészt az építmények, illetve szerkezeti elemek szerkezeti osztályba sorolásának feltételeire (5. fejezet és benne az 5.1. ábra)

20.1.4.3. táblázat: A beton nyomószilárdságának szórása és relatív szórása a betonkészítés, és -ellenőrzés színvonalának függvényében (*Spaethe* 1992).

A betonkészítés és -ellenőrzés színvonala	$f_{cm} < 20 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú betonok relatív szórása, V_x, s_{rel}	$f_{cm} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú betonok szórása, $N/mm^2, \sigma, s$
Jól felszerelt, jó anyagokkal ellátott betongyár, képzett személyzettel és kiváló minőségellenőrzéssel	0,125 – 0,2 átlag: 0,15	2,5 – 4,0 átlag: 3,0
Nagyobb építéshelyek és transzportbetongyárak átlagos technológiai és minőségellenőrzési feltételekkel	0,2 – 0,275 átlag: 0,225	4,0 – 5,5 átlag: 4,5
Kisebb építéshelyek, amelyek helyszínen kevert betont készítenek.	0,275 – 0,35 átlag: 0,30	5,5 – 7,0 átlag: 6,0

König és szerzőtársai (1998) és a JCSS 2000 modell kód a nyomószilárdság valószínűségi leírására a normális-eloszlás (normáleloszlás) helyett lognormális-eloszlást javasoltak 5 N/mm^2 állandó értékű szórás mellett, mert a normáleloszlás valószínűségi változója – szemben a lognormális-eloszlás valószínűségi változójával – negatív értéket is felvehet, ami a nyomószilárdság esetén fizikailag lehetetlen. Az u valószínűségi változó normális-eloszlással kifejezett m_u várható értéke (átlaga) és s_u relatív szórása a $\Phi(u_i) = F_i(x_i)$ feltétel mellett leírható az x valószínűségi változó lognormális-eloszlással kifejezett m_x várható értékével (átlagával) és v_x relatív szórásával (Fischer, A. M., 2010):

$$m_u = \ln(m_x) - 0,5 \times \ln(1 + v_x^2) \quad \text{és} \quad s_u = \sqrt{\ln(1 + v_x^2)}$$

A beton szórását Zilch és Schiefl (1999) elemezte az 1999. évi *fib Bulletin* – amely a Model Code 1990 frissített változata – 3. kötetében. A tanulmányban hivatkoznak Rackwitz és társai munkájára (1976), akik különböző német nyomószilárdság vizsgálati eredmények statisztikai értékeléséből arra a következtetésre jutottak, hogy a beton nyomószilárdságának szórására nem csak a beton saját tulajdonságai, hanem annál jelentősebb mértékben a vizsgálati körülmények is hatással vannak, és a beton nyomószilárdságának átlagértéke és szórása között nincs, vagy csak rendkívül laza az összefüggés.

A nyomószilárdság átlaga és szórása közötti összefüggést bemutató, az 1999. évi *fib Bulletin*, 3. kötetének 9.3-1. Rackwitz-féle ábráját Szilágyi Katalin (2013) dolgozta fel, és ennek során meghatározta a beton nyomószilárdsága szórásának, illetve relatív szórásának és az átlagértéknek összefüggésének függvényét (20.1.4.5. – 20.1.4.6. ábra).

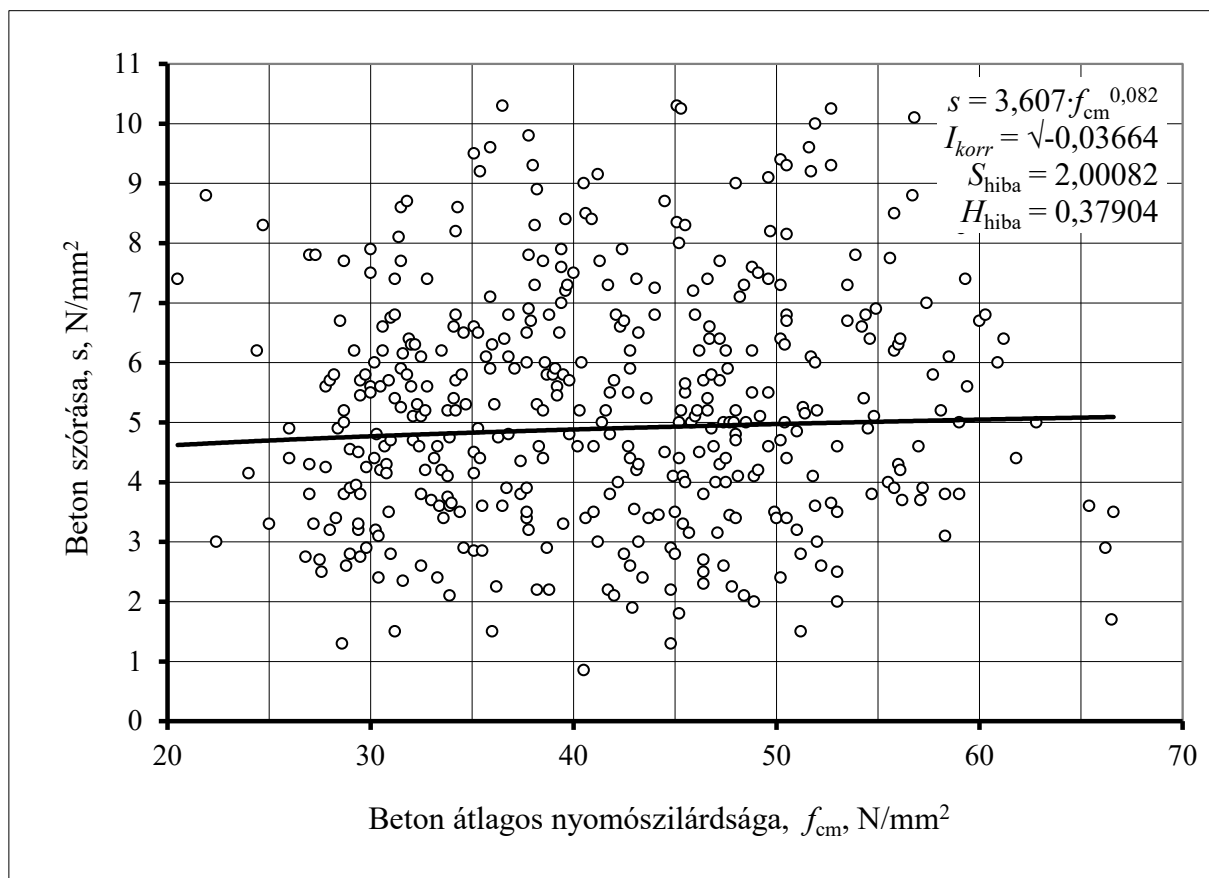
Rackwitz és társai adatai alapján a beton nyomószilárdságának szórása (s) az átlagérték (f_{cm}) függvényében az $I_{kor} = \sqrt{-0,03664}$ korrelációs indexű, $S_{hiba} = 2,00082$ standard hibájú, $H_{hiba} = 0,37904$ ($H_{hiba}^{\%} = 37,904 \%$) relatív hibájú

$$s = 3,607 \times f_{cm}^{0,082} \quad [\text{N/mm}^2]$$

hatványfüggvénnyel (20.1.4.5. ábra), a nyomószilárdság relatív szórása (s_{rel}) az átlagérték (f_{cm}) függvényében az $I_{kor} = 0,46050$ korrelációs indexű, $S_{hiba} = 0,05136$ standard hibájú, $H_{hiba} = 0,38409$ ($H_{hiba}^{\%} = 38,4 \%$) relatív hibájú

$$s_{rel} = s/f_{cm} = 3,607 \times f_{cm}^{-0,918}$$

hatványfüggvénnyel írható le (20.1.4.6. ábra).



20.1.4.5. ábra: Beton nyomószilárdságának szórása a nyomószilárdság átlagérték függvényében az 1999. évi *fib Bulletin* szerint (Rackwitz et al., 1976), (Zilch – Schießl, 1999), (Szilágyi K., 2013) **Ezt a görbét ellenőrizni kellene az irodalom és a DAfStb 206 szerint, mert az eredeti görbe így néz ki:**

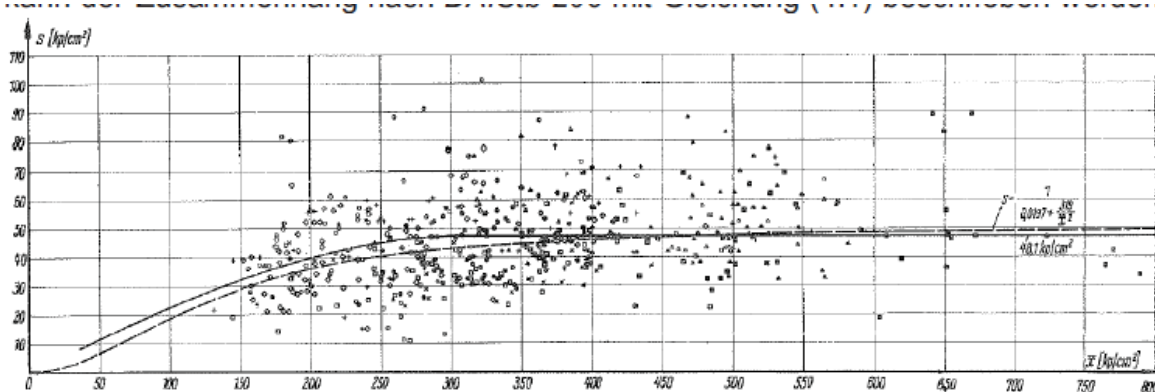
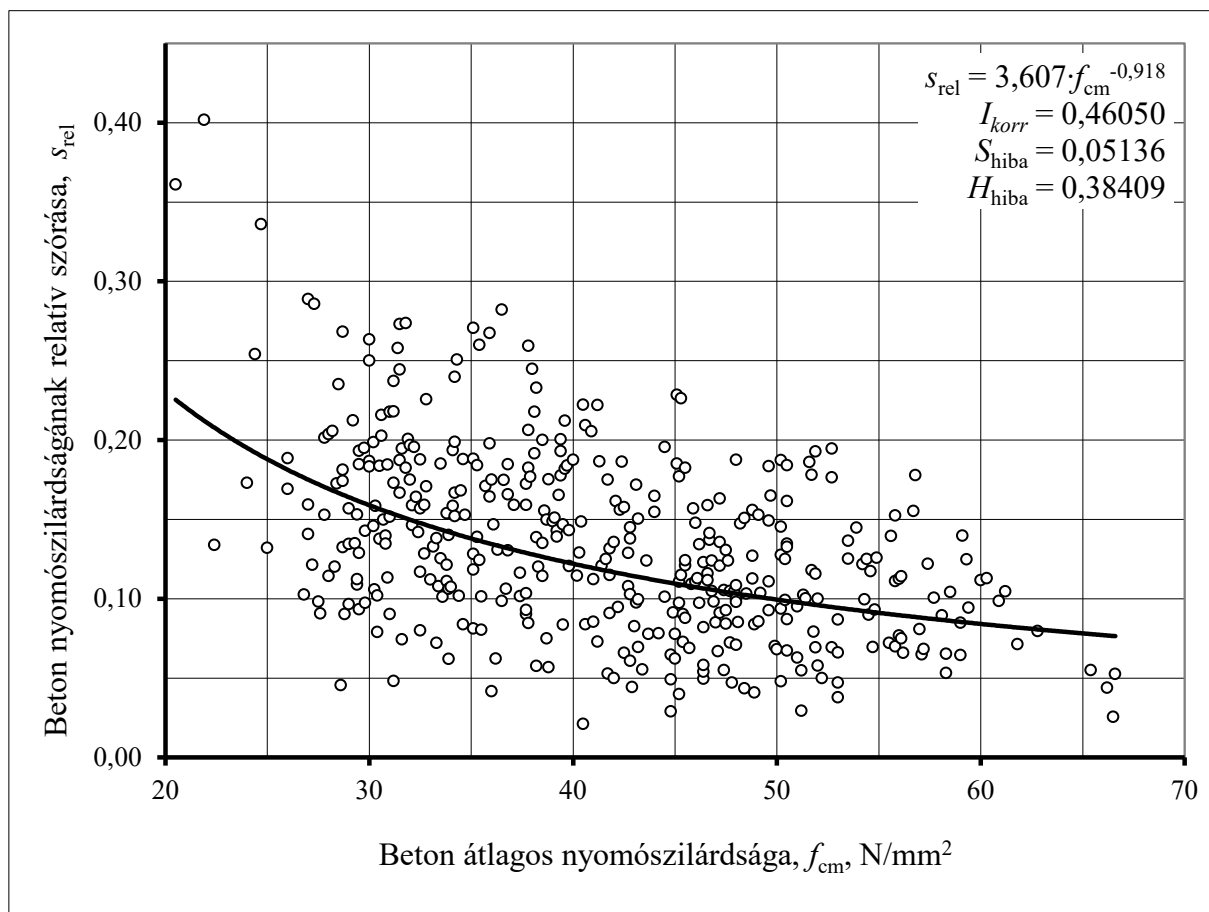


Abb. 4.2 Zusammenhang zwischen Standardabweichung und mittlerer Betondruckfestigkeit nach DAfStb 206

A 20.1.4.5. – 20.1.4.6. ábra trendvonala és annak I_{korr} korrelációs indexe, S_{hiba} standard hibája és H_{hiba} relatív hibája szerint a beton nyomószilárdságának szórása (s) gyakorlatilag független az átlagértéktől (f_{cm}), és a nyomószilárdság relatív szórása (s_{rel}) is csak nagyon lazán függ az f_{cm} átlagértéktől.



20.1.4.6. ábra: Beton nyomószilárdságának relatív szórása a nyomószilárdság átlagértékének függvényében (Rackwitz et al., 1976) és (Zilch – Schießl, 1999) után az összefüggés regressziós görbéjével (Szilágyi K., 2013)) **Ezt a görbét is ellenőrizni kellene az irodalom és a DAfStb 206 szerint**

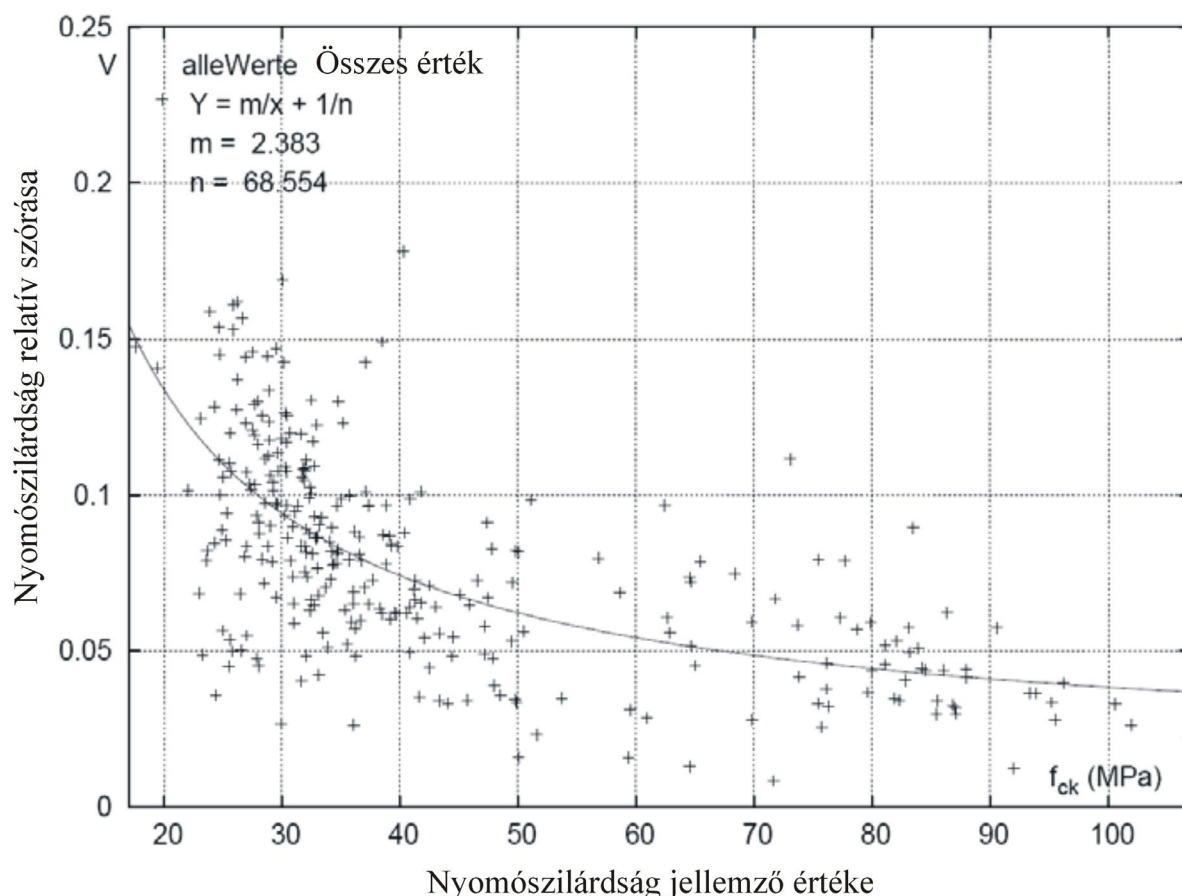
A 20.1.4.5. – 20.1.4.6. ábra trendvonala és annak I_{korr} korrelációs indexe, S_{hiba} st

Az újabb gyártású betonok nyomószilárdságának szórását és relatív szórását normális-eloszlást feltételezve Tue (2007) tanulmányozta, és arra jutott, hogy a szórások átlagértéke $3,5 \text{ N/mm}^2$, 5%-os kvantilise $1,3 \text{ N/mm}^2$ és 95%-os kvantilise $5,6 \text{ N/mm}^2$. Eszerint az újabb betonok nyomószilárdságának szórása kisebb, mint Rüsch és szerzőtársai (1969) idején volt. Tue (2007) véleménye, hogy az s szórás a nyomószilárdság jellemző értékének (f_{ck}) növekedésével a következő összefüggés szerint növekszik:

$$s = \frac{f_{\text{ck}}}{100} + 3,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Minthogy a nyomószilárdság sokkal jobban növekszik, mint a szórás, ezért növekvő nyomószilárdság mellett a relatív szórás csökken (20.1.4.7. ábra).

A DIN 1045-1:2008 szabványban, a Tue-féle (2007) tanulmányban és a DAfStb Heft 206. (Rüsch et al., 1969) kiadványban szereplő szórások és relatív szórások értékét a nyomószilárdsági osztály függvényében A. M. Fischer (2010) hasonlította össze (20.1.4.4. táblázat).



20.1.4.7. ábra: A beton nyomószilárdságának relatív szórása a jellemző érték függvényében (Tue, 2007)

20.1.4.4. táblázat: A szórások (σ , s) és relatív szórások (V_x) értékeinek összehasonlítása a DIN 1045-1:2008 szabvány, a Tue-féle (2007) tanulmány és a DAfStb Heft 206. (Rüsch et al., 1969) kiadvány alapján (A. M. Fischer, 2010)

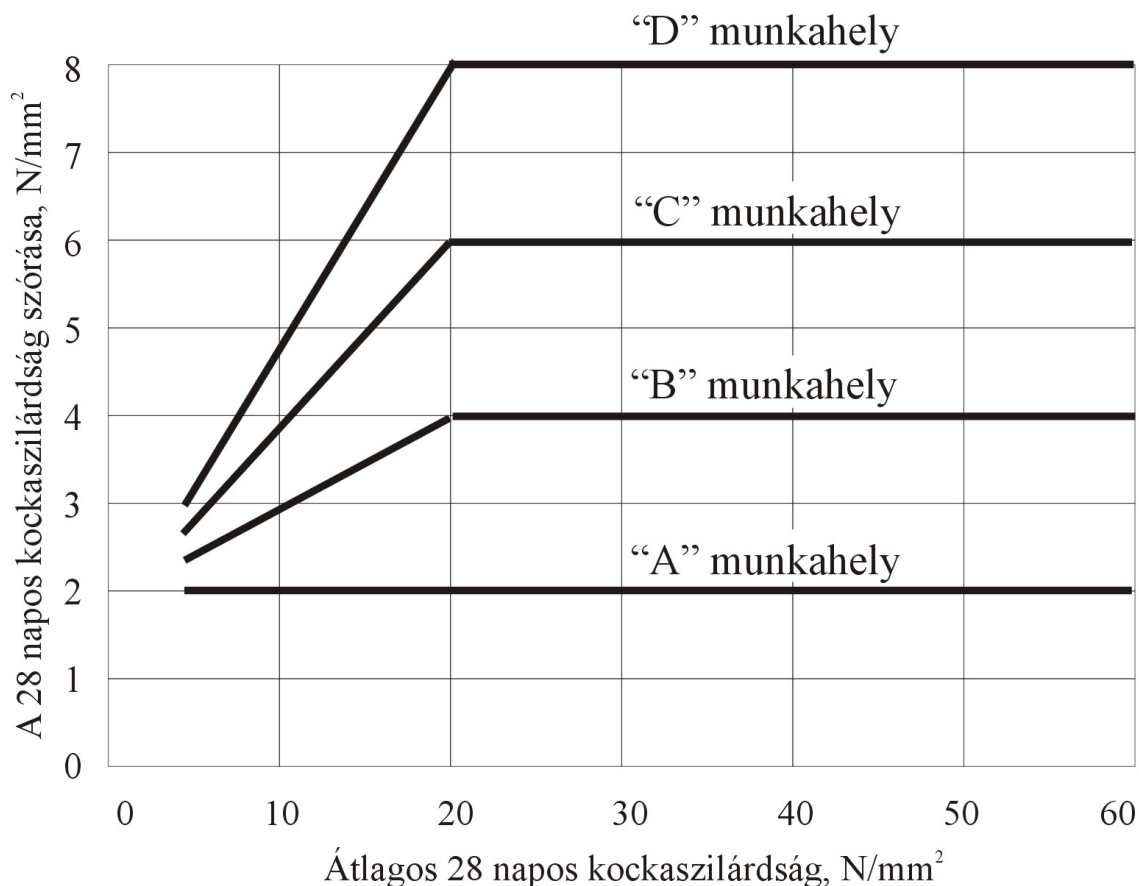
DIN 1045-1:2008					Tue (2007)		DAfStb Heft 206. (1969)	
Nyomószilárdsági osztály	Átlag	f_{ck} -ra kalibrált V_x	$f_{cm} \times V_x$	Ha $\sigma =$ konstans 5 N/mm ²	A 2.1.4.7. ábrából számolva	f_{ck} -ból vissza-számolva	Rüsch-féle 20.1.4.3. ábrából	s/f_{cm} $f_{cm,cyl}$ DIN-ből
	$f_{cm,cyl}$ N/mm ²		σ N/mm ²	$V_x = \sigma/f_{cm,cyl}$	V_x	$f_{cm,cyl}$ N/mm ²	s N/mm ²	V_x
C8/10	16	0,392	6,272	0,313	0,312	13,9	3,8	0,238
C12/15	20	0,291	5,820	0,250	0,210	17,3	4,6	0,230
C16/20	24	0,233	5,592	0,208	0,163	21,2	5,0	0,208
C20/25	28	0,195	5,460	0,179	0,135	25,2	5,2	0,186
C25/30	33	0,162	5,346	0,152	0,120	30,7	5,2	0,158
C30/37	38	0,138	5,244	0,132	0,090	34,9	5,2	0,137
C35/45	43	0,121	5,203	0,116	0,080	40,0	5,2	0,121
C40/50	48	0,108	5,184	0,104	0,075	45,4	5,2	0,108
C45/55	53	0,097	5,141	0,094	0,070	50,6	5,2	0,098
C50/60	58	0,088	5,104	0,086	0,065	55,7	5,2	0,090

Fenn szoltunk *Rackwitz*-féle tanulmányról (1976), amelynek szerzői szerint a beton nyomószilárdságának átlagértéke és szórása között nincs, vagy csak rendkívül laza az összefüggés.

Az EN 206 szabvány beton-nyomószilárdság vizsgálati módszereit és értékelési feltételeit *Zilch* és *Schießl* (1999) szerint a hivatkozott *Rackwitz*-féle (1976) tanulmány és a későbbi, ez irányú kutatások (*Hosser* et al., 1995), (*König* et al., 1998) alapozták meg.

A szórás átlagtól való függetlenségéről vallott nézet a *Zilch* és *Schießl* (1999) *fib Bulletin*-beli dolgozatának folyamánként egyre erősödik, és visszatükröződik a szabványokban is. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány nem csak a szórást, hanem az alulmaradási tágasságot is az átlagtól függetlennek, sőt konstansnak tekinti ($f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 \text{ N/mm}^2$), és bizonyos összefüggésekben ez a felfogás jelenik meg a visszavont MSZ EN 206-1:2002 és az új MSZ EN 206:2013+A2:2021 szabványban is ($f_{ck} = f_{cm} - 4 \text{ N/mm}^2$, $f_{ck} = f_{cm} - 12 \text{ N/mm}^2$), amelyet – ha nem is kizárólagosan, de – az MSZ 4798:2016 szabvány is követ.

A hazai szabályozásban a szórás átlagtól való függetlenségéről vallott nézet már az MSZ 4720-2:1980 szabvány 3.5.5. fejezetében ($R_m = f_{cm,cube,H} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ esetén $s = 6 \text{ N/mm}^2$) és az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetében (20.1.4.8. ábra) megjelent, és hatással volt a megengedett legkisebb alulmaradási tágasság ($k \times t_n \times s_{min}$) kiszámítására, ahol k a ferdeségi tényező (ferdeségi együttható), t_n a *Student*-féle tényező és s_{min} a megengedett legkisebb, számításba vehető nyomószilárdsági szórás.



20.1.4.8. ábra: A nyomószilárdság becsült szórása a nyomószilárdság átlagértéke függvényében 150 mm méretű, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbakockák esetén (MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás)

Mint fenn láttuk, az alulmaradási tágasság formailag kétféle lehet, vagy függvénye az s szórásnak (például: $t_n \times s$, illetve $\lambda_n \times s$) vagy konstans szám. Vegyük például a C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztályú víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahenger és az ugyanígy tárolt 150 mm élhosszúságú próbakocka átlagos nyomószilárdságának összefüggését: $f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}$ (20.1.2.6. ábra):

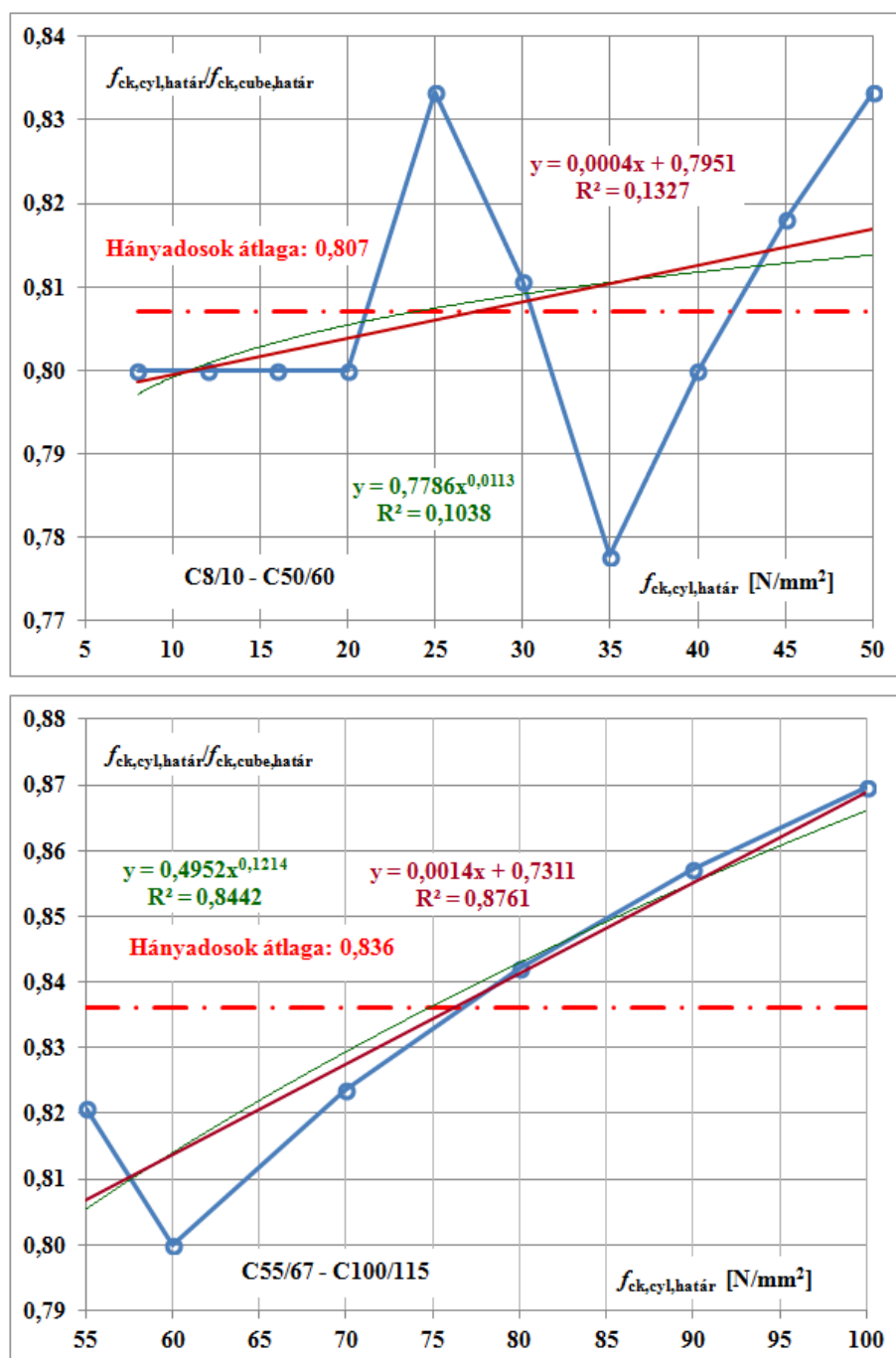
- Ha az alulmaradási tágasság függvénye az s szórásnak és például a *Student*-féle alulmaradási tényező jele t_n , akkor a víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának jellemző értéke: $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - t_n \times s_{cyl}$, és a szintén víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának jellemző értéke: $f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - t_n \times s_{cube}$, valamint $f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}$. Ezek felhasználásával: $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + t_n \times s_{cyl} = 0,81 \times f_{ck,cube} + 0,81 \times t_n \times s_{cube} = 0,81 \times f_{cm,cube}$.
- Ha fennállna, hogy $s_{cyl} = 0,81 \times s_{cube}$, akkor fennállna az is, hogy $f_{ck,cyl} = 0,81 \times f_{ck,cube}$, azaz következne, hogy az átszámítási összefüggések a nyomószilárdsági jellemző értékek átszámítására is alkalmasak. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 méretezési szabványban, az MSZ EN 206:2013+A2:2021 és MSZ 4798:2016 betonszabványban (lásd például annak 8.1. szakasza (6) bekezdését³⁴⁷, 8.2.1.3.2. szakaszát, P2. szakaszát) azonban nem különböztetik meg az azonos módon tárolt próbahengerek és a próbakockák nyomószilárdságának szórását, hanem feltételezik, hogy $s_{cyl} = s_{cube}$, az hogy $s_{cyl}/s_{cube} = 1,0$, illetve alulmaradási tágasságát, hanem feltételezik, hogy $t_n \times s_{cyl} = t_n \times s_{cube}$, ami ellentétben áll a nyomószilárdsági osztályok jele (8.1. táblázat) elvével³⁴⁸.

³⁴⁷ Az MSZ 4798:2016 szabvány 8.1 szakasz (6) bekezdésében a 70. oldal alján lévő képlet hibás, a képlet végén a gyökvonás jel utáni $f_{betü}$ törlendő.

³⁴⁸ A nyomószilárdsági osztályok jelének elve: A beton nyomószilárdsági osztályának jelét megtestesítő jellemző (karakterisztikus) értékek, azaz a víz alatt tárolt 28 napos korú próbahengerek és próbakockák – a nyomószilárdsági osztály jelében szereplő – jellemző értékének hányadosa átlagosan – mint alább látni lehet – $0,82^{+0,04}_{-0,05}$, tehát közelítőleg konstans, a nyomószilárdságtól alig függő érték:

- a C8/10 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok között a 0,778 és 0,833 tartományban mozog, a hányadosok átlaga 0,807;
- a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok között a 0,800 és 0,870 tartományban mozog, a hányadosok átlaga 0,836;
- és valamennyi nyomószilárdsági osztályt együtt tekintve, tehát a C8/10 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok között a 0,778 és 0,870 tartományban mozog, a hányadosok átlaga 0,818.

A nyomószilárdsági osztályok jele ezen elvének teljesüléséhez a próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága tapasztalati szórásának hányadosa, illetve alulmaradási tágasságának hányadosa meg kellene egyezzen a próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága átlagértékének hányadosával, de a betonszabványok nyomószilárdsági jellemző érték - átlagérték összefüggései sem fejezik ki. (A szabványokban nem az áll, hogy például $s_{cyl} = 0,81 \times s_{cube}$, hanem az, hogy $s_{cyl} = s_{cube}$.)

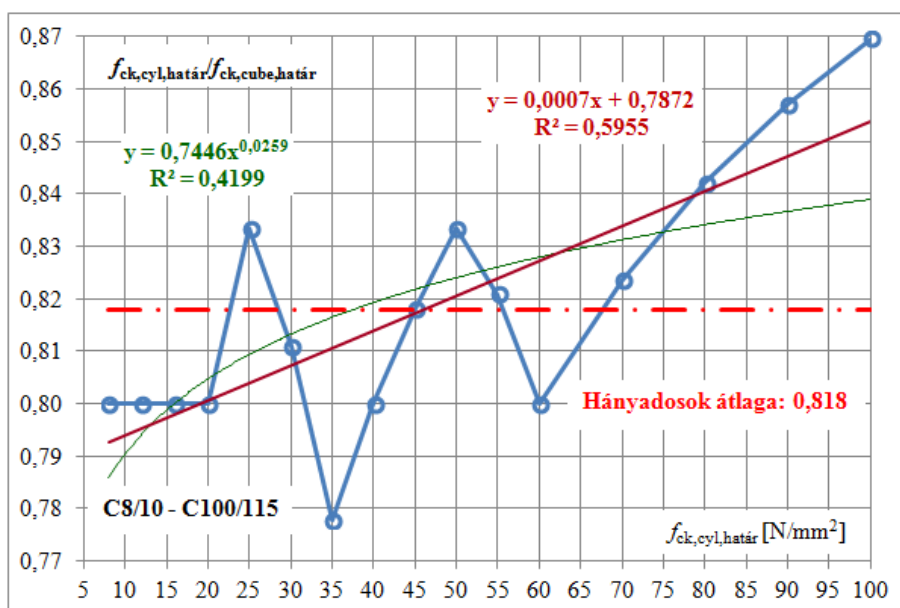


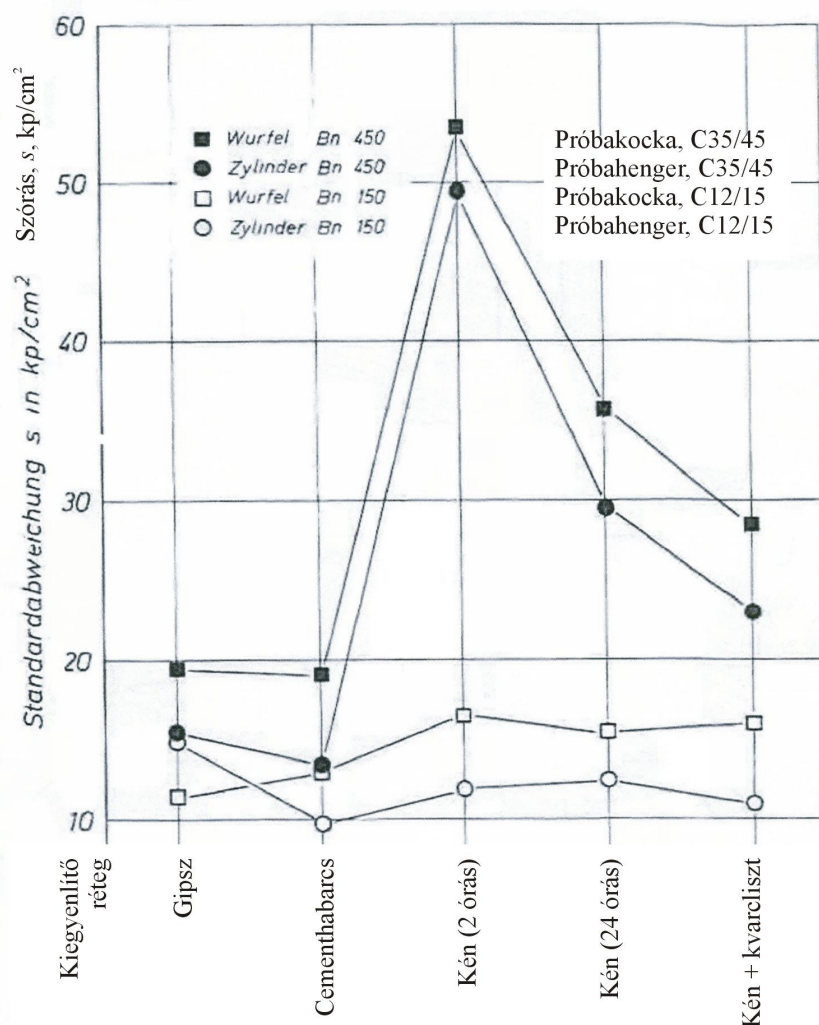
Ennek következtében az állítás, hogy a próbahengerek és a próbakockák nyomószilárdsága szórásának hányadosa vagy jellemző értékének hányadosa eltér a próbahengerek és a próbakockák nyomószilárdsága átlagának hányadosától ($s_{cyl}/s_{cube} \neq f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$), voltaképpen a nyomószilárdsági osztályok jele elvének már a betonszabványokon belül is jelen lévő megsértését jelenti.

- Ha az alulmaradási tágasság nem függvénye az s szórásnak, hanem adott állandó szám (z), akkor a víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának jellemző értéke $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - z_{cyl}$, és minthogy $f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}$ adódik, hogy $f_{ck,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube} - z_{cyl} = 0,81 \times (f_{ck,cube} + z_{cube}) - z_{cyl} = 0,81 \times f_{ck,cube} + 0,81 \times z_{cube} - z_{cyl}$, tehát $f_{ck,cyl} \neq 0,81 \times f_{ck,cube}$, azaz a nyomószilárdság átlagának átszámítási összefüggései a nyomószilárdsági jellemző értékek átszámítására akkor sem alkalmasak, ha az alulmaradási tágasság adott állandó szám.

Egyszerű példán könnyen belátható, hogy két szám hányadosa ($f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$) megváltozik, ha a mind a két számhoz ugyanazt a számot (alulmaradási tágasság) hozzáadjuk, vagy mind a két számból ugyanazt a számot kivonjuk ($(f_{cm,cyl} - 8)/(f_{cm,cube} - 8)$), például: $4/5 = 0,8 \neq (4 - 1)/(5 - 1) = 3/4 = 0,75$.

A próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága szórásának tapasztalati hányadosára Dahms és szerzőtársai (1975) tanulmányában találtunk utalást. Dahms és szerzőtársai (1975) – mint arról a 20.1.1.14. ábra kapcsán beszámoltunk – különböző felület-kiegyenlítő rétegek alkalmazása mellett Bn 150 (C12/15) és Bn 450 (mai C35/45) nyomószilárdsági osztályú betonok nyomószilárdságát vizsgálták, miközben a nyomószilárdság szórásának alakulását is tanulmányozták (20.1.4.9. ábra). A gipsz, cementhabarcs, kén kiegyenlítőréteges próbahengerek és próbakockák nyomószilárdságának Dahms és szerzőtársai kísérletei szerinti átlagértéke és szórása a 20.1.4.5. táblázatban látható. Ezekből a kísérleti eredményekből az az általános következtetés vonható le, hogy a próbahengereken mért nyomószilárdságok szórása általában ugyanúgy kisebb a próbakockákon mért nyomószilárdságok szórásánál, mint ahogy a próbahengereken mért nyomószilárdságok átlaga kisebb a próbakockákon mért nyomószilárdságok átlagánál.



**20.1.4.9. ábra:**

Különböző anyagú kiegyenlítő rétegekkel ellátott probakockák és probahengerek nyomószilárdságának szórása.

Ugyanezeknek a próbatesteknek az átlagos nyomószilárdsága a 20.1.1.14. ábrán látható (Dahms et al., 1975)

20.1.4.5. táblázat: Különböző anyagú kiegyenlítő rétegekkel ellátott 200 mm élhosszúságú probakockák és Ø150×300 mm méretű probahengerek nyomószilárdságának átlaga és szórása Dahms és szerzőtársai (1975) szerint

Kiegyenlítő réteg	Próbatest	Átlag N/mm ²	Szórás N/mm ²	Próbahenger/Próbakocka	
				átlagának	szórásának
				hányadosa	
Bn 150 (mai C12/15) nyomószilárdsági osztályú beton					
Gipsz	Próbakocka	18,0	1,2	0,93	1,25
	Próbahenger	16,7	1,5		
Cementhabarcs	Próbakocka	17,7	1,3	0,91	0,77
	Próbahenger	16,1	1,0		
Kén (2 órás)	Próbakocka	17,8	1,6	0,94	0,75
	Próbahenger	16,7	1,2		
Kén (24 órás)	Próbakocka	18,2	1,5	0,95	0,87
	Próbahenger	17,2	1,3		
Kén + kvarcliszt	Próbakocka	18,2	1,6	0,94	0,69
	Próbahenger	17,1	1,1		

Bn 450 (mai C35/45) nyomószilárdsági osztályú beton					
Gipsz	Próbakocka	48,0	2,0	0,85	0,75
	Próbahenger	41,0	1,5		
Cementhabarcs	Próbakocka	48,6	1,9	0,83	0,68
	Próbahenger	40,4	1,3		
Kén (2 órás)	Próbakocka	40,8	5,4	0,88	0,93
	Próbahenger	36,0	5,0		
Kén (24 órás)	Próbakocka	43,8	3,6	0,88	0,83
	Próbahenger	38,7	3,0		
Kén + kvarcliszt	Próbakocka	45,7	2,8	0,87	0,82
	Próbahenger	39,7	2,3		

Ide jönnek a Rüsch-féle dolgozat hivatkozásában szereplő cikkek, amelyeket a BME könyvtárában nekem lemásoltak.

A

C. BETONOK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

című főfejezet a könyv II. kötetében található.

HIVATKOZOTT JOGSZABÁLYOK

- 76/769/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának irányelve az egyes veszélyes anyagok és készítmények forgalomba hozatalának és felhasználásának korlátozásaira vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről (1976. július 27.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja 13/3. kötet L 262/201 (1976. szeptember 27.)
- 89/106/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának irányelve az építési termékekre vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről (1988. december 21.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja 13/9. kötet (1989. február 11.). Hatályát veszítette a 305/2011/EU rendelet hatálybalépésével.
- 93/68/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának irányelve a 87/404/EGK (egyszerű nyomástartó edény), 88/378/EGK (játékok biztonsága), 89/106/EGK (építési termékek), 89/336/EGK (elektromágneses összeférhetőség), 89/392/EGK (gépek), 89/686/EGK (egyéni védőeszközök), 90/384/EGK (nem automatikus működésű mérlegek), 90/385/EGK (aktív beültethető orvostechikai eszközök), 90/396/EGK (gázüzemű berendezések), 91/263/EGK (távközlési végberendezések), 92/42/EGK (folyékony vagy gáznemű tüzelőanyaggal működő új melegvízkazánok) és 73/23/EGK (meghatározott feszültséghatáron belüli használatra tervezett villamossági berendezések) irányelv módosításáról (1993. július 22.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 220. (1993. augusztus 30.) Hatályát veszítette a 305/2011/EU rendelet hatálybalépésével.
- 93/465/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának határozata a megfelelőség-értékelési eljárások különböző szakaszainak moduljairól és a CE megfelelőségi jelölés feltüntetését és használatát rögzítő, a műszaki harmonizációs irányelvekben használni kívánt szabályokról (1993. július 22.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja 13/12. kötet. L 220/23. (1993. augusztus 30.)
- 98/34/EK Az Európai Parlament és Tanács irányelve a műszaki szabványok és szabályok terén történő információszolgáltatási eljárás és az információs társadalom szolgáltatásaira vonatkozó szabályok megállapításáról (1998. június 22.) Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 204. (1998. július 21.)
- 765/2008/EK Az Európai Parlament és a Tanács rendelete a termékek forgalmazása tekintetében az akkreditálás és piacfelügyelet előírásainak megállapításáról és a 339/93/EGK rendelet hatályon kívül helyezéséről (2008. július 9.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 218/30 (2008. augusztus 13.)
- 768/2008/EK Az Európai Parlament és a Tanács határozata a termékek forgalomba hozatalának közös keretrendszeréről, valamint a 93/465/EGK tanácsi határozat hatályon kívül helyezéséről

	(2008. július 9.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 218/82 (2008. augusztus 13.)
1099/2008/EK	Az Európai Parlament és a Tanács rendelete az energiasztatisztikáról. (2008. október 22.) Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 304/1 (2008. november 14.)
305/2011/EU	Az Európai Parlament és a Tanács rendelete az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (2011. március 9.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 88/5 (2011. április 4.)
44/1950. törvénye. rendelet	Törvényerejű rendelet az újszerű tudományos fokozat bevezetése és elnyerése tárgyában. Magyar Közlöny. 1950. évi 193-194. szám. (1950. november 26.)
23/1967. KPM	Miniszteri utasítás a Közúti Hídszabályzat alkalmazásáról. Közlekedési Értesítő 1967. évi 23. szám.
16/1970. (VII.23.) ÉVM-KGM-NIM-KPM	Miniszteri rendelet az ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat alkalmazásáról
1991. évi XLV. törvény	Törvény a mérésügyről. Magyar Közlöny. 1991. évi 111. szám. (1991. október 9.)
127/1991. (X. 9.) Korm.	Rendelet a mérésügyről szóló törvény végrehajtásáról
1993. évi X. törvény	Törvény a termékfelelősségről. Magyar Közlöny 1993. évi 24. szám. (1993. március 2.) A törvényt a 2013. évi CLXXVII. törvény 67. § e) pontja hatályon kívül helyezte 2014. március 15. napjával.
1993. évi LXXX. törvény	Törvény a felsőoktatásról. Magyar Közlöny. 1993. évi 107. szám. (1993. augusztus 3.)
42/1994. (III. 25.) Korm.	Rendelet a nemzeti szabványosításról, valamint a laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálási rendjének ideiglenes szabályairól, továbbá a Magyar Szabványügyi Hivatal ideiglenes feladat- és hatásköréről
30/1994. (XI. 8.) IKM	Ipari és kereskedelmi miniszter rendelete egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról
1995. évi XXVIII. törvény	Törvény a nemzeti szabványosításról. Magyar Közlöny. 1995. évi 33. szám. (1995. április 28.)
2001. évi CXII. törvény	Törvény a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény és a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról (2001. december 23.) Hatályon kívül helyezte a 2007. évi LXXXII. törvény
43/2001. (XII.30.) GM	A gazdasági miniszter rendelete az egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (IX:8.) IKM rendelet és azt módosító miniszteri rendeletek hatályon kívül helyezéséről. Magyar Közlöny. 2001. évi 159. szám.

3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM Együttes rendelet az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól. Magyar Közlöny. 2003. évi 8. szám. 2013.07.01-én érvényét veszítette és helyébe lépett az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete	
2003. évi CXXIX. törvény	Törvény a közbeszerzésekről. Magyar Közlöny. 2003. évi 157. szám. (2003. december 28.) Hatályon kívül helyezte: 2011. évi CVIII. törvény 181. § (1). Hatálytalan: 2012. I. 1-től. Lásd: a 2011. évi CLXXXII. törvény 40. § (37) szerinti szöveggel hatályba lépő 2011. évi CVIII. törvény 181. § (1)-(2). Az utóbbit a közbeszerzésekről szóló 2015. évi CXLI. törvény 200. § (2) helyezte hatályon kívül. Magyar Közlöny. 2015. évi 142. szám (2015. október 2.)
2007. évi LXXXII. törvény	Törvény egyes jogszabályok és jogszabályi rendelkezések hatályon kívül helyezéséről. Magyar Közlöny 2007. évi 83. szám. (2007. június 29.)
2013. évi V. törvény	Törvény a Polgári Törvénykönyvről. Magyar Közlöny 2013. évi 31. szám. (2013. február 26.)
2013. évi CLXXVII. törvény	Törvény a Polgári Törvénykönyvről szóló 2013. évi V. törvény hatálybalépésével összefüggő átmeneti és felhatalmazó rendelkezésekről. Magyar Közlöny 2013. évi 185. szám. (2013. november 8.)
275/2013. (VII.16.) Korm.	Rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól. Magyar Közlöny. 2013. évi 122. szám.
2016. évi CXVIII. törvény	Törvény az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény módosításáról. Magyar Közlöny. 2016. évi 178. szám (2016. november 18.)
36/2016. (XII. 29.) MvM	A Miniszterelnökséget vezető miniszter rendelete az Építésügyi Műszaki Szabályozási Bizottságról. Magyar Közlöny. 2016. évi 220. szám.
16/2017. (V.25.) NFM	A nemzeti fejlesztési miniszter rendelete az utági műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról. Magyar Közlöny. 2017. évi 74. szám.
ARS 27/2012	Der Bundesminister für Verkehr: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 27/2012 vom 21.12.2012, Sachgebiet 06.1: Straßen-Baustoffe; Anforderungen, Eigenschaften. Bonn, 2012.
ASR A1.5/1,2:2019	Technische Regeln für Arbeitsstätten. Fußböden. A padlóburkolatok német munkahelyi műszaki szabályzata
BIPM/2019	The International System of Units (SI). Bureau International des Poids et Mesures. 9th edition. Sèvres, 2019. (https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9-EN.pdf)

CEN–CELENEC:

Geschäftsordnung. Teil 2. Gemeinsame Regeln für die
Normungsarbeit. Brüssel, Februar 2017.
(https://boss.cen.eu/ref/IR2_D.pdf)

**HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK, IRÁNYELVEK,
SZABÁLYZATOK**

ASTM A 956/A 956M:2017	Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products
ASTM C 39/C39M:2018	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C 138/C138M:2017	Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete
ASTM C 150/C 150M:2024	Standard Specification for Portland Cement
ASTM C 151/C 151M:2023	Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement
ASTM C 173/C173M:2016	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
ASTM C 191:2021	Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle
ASTM C 192:1952 T	Tentative method of making and curing concrete compression and flexure test specimens in the laboratory
ASTM C 192/C192M:2016a	Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
ASTM C 227:2003	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement Aggregate Combinations (Mortar Bar Method)
ASTM C 266:2021	Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic-Cement Paste by Gillmore Needles
ASTM C 289:2007	Standard Test Method for Potential Alkali Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)
ASTM C 441:2005	Standard Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali Silica Reaction. Jelenleg érvényes változat: ASTM C 441/C441M:2011
ASTM C 457:1998	Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete. Jelenleg érvényes változat: ASTM C 457/C457M:2011
ASTM C 494:2012	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. Jelenleg érvényes változat: ASTM C 494/C494M:2012
ASTM C 586:2011	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock Cylinder Method)
ASTM C 805:1975 T	Tentative Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
ASTM C 805:1979	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
ASTM C 805:1997	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
ASTM C 805/C805M:2013a	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
ASTM C 900:2015	Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete

ASTM C 1012:1995	Standard Test Method for Length Change of Hydraulic Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution. Jelenleg érvényes változat: ASTM C 1012/C1012M:2012
ASTM C 1018:1989 és ASTM C 1018:1997	Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading) Visszavont szabványok, amelyek érvényes változata: ASTM C 1018:2017
ASTM C 1202:2012	Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration
ASTM C 1231/C1231M:2015	Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C 1326:2013 (2018)	Standard Test Method for Knoop Indentation Hardness of Advanced Ceramics
ASTM C 1327:2015 (2019)	Standard Test Method for Vickers Indentation Hardness of Advanced Ceramics
ASTM D 1415:2006 (2012)	Standard Test Method for Rubber Property. International Hardness
ASTM D 2240:2015 (2021)	Standard Test Method for Rubber Property. Durometer Hardness
ASTM E 10:2015	Standard test method for Brinell hardness of Metallic Materials
ASTM E 92:1982	Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials (Reapproved 1997), (Withdrawn 2010)
ASTM E 140-12b:2013	Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, Scleroscope Hardness, and Leeb Hardness
ASTM E 380:1976	Standard for Metric Practice
ASTM E 384:2017	Standard test Method for Microindentation Hardness of Materials
ASTM E 448:1982	Standard Practice for Scleroscope Hardness Testing of Metallic Materials (Reapproved 2002)
ATV-M 168:1998	Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitung. Merkblatt. Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV, amelyet 2000-ben a DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. váltott fel)
BAW Merkblatt MFZ: 2011	Rissbreitenbegrenzung für früher Zwang in massiven Wasserbauwerken. Bundesanstalt für Wasserbau. Karlsruhe, 2011. https://izw.baw.de/publikationen/merkblaetter/0/_BAW_Merkblatt_Rissbreitenbegrenzung_MFZ_2011.pdf
BAW Merkblatt MDCC: 2019	Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung. Bundesanstalt für Wasserbau. Karlsruhe, 2019. https://izw.baw.de/publikationen/merkblaetter/0/BAWM_erkblatt_Dauerhaftigkeitsbemessung_MDCC_2019.pdf

BGR 181:2003	Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr. Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
BS 1881-202:1986	Testing concrete. Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer. Visszavont szabvány
BS EN ISO 80000-9:2019	Quantities and units. Physical chemistry and molecular physics
BV-MI 01:2005	Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával (Főszerkesztő: Balázs L. Gy., társszerző és szerkesztő: Kausay T.). Beton és vasbetonépítési műszaki irányelv. <i>fib</i> (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata. Budapest, 2005.
CEN/TC 250:2013	Response to Mandate M/515. Towards a second generation of EN Eurocodes. CEN/TC 250 – N 993.
CEN/TR 16369:2012	Use of control charts in the production of concrete
DAfEb – Teil A:1932	Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton 1932. Teil A.: Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton
DAfStb Heft 422:1991	Prüfung von Beton. Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 1991.
DAfStb Heft 525:2010	Erläuterungen zu DIN 1045-1. 2. überarbeitete Auflage 2010. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2010.
DAfStb Heft 526:2011	Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2010.
DAfStb Heft 614:2015	Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2015.
DAfStb-Richtlinie:2010	Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteiskörnungen nach DIN EN 12620. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2010.
DAfStb-Richtlinie:2010	Massige Bauteile aus Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2010.
DAfStb-Richtlinie:2014	Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2014.
DAfStb-Richtlinie:2019	Anforderungen an Ausgangsstoffe zur Herstellung von Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2019.
DAfStb-Richtlinie:2021	Stahlfaserbeton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2021. (Előzménye a DAfStb-Richtlinie:2012

DAfStb-Richtlinie SVB:2003	Stahlfaserbeton című műszaki irányelv) Selbstverdichtender Beton; SVB-Richtlinie:2003. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2003. Visszavont irányelv
DAfStb-Richtlinie SVB:2012	Selbstverdichtender Beton; SVB-Richtlinie:2012. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
DAfStb Alkali-Richtlinie:2013	Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2013.
DAfStb Vergussbeton-Richtlinie:2011	Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2011.
DAfStb WU-Richtlinie:2017	Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2017.
DBV Merkblatt:1996	Strahlenschutzbeton. Merkblatt für das Entwerfen, Herstellen und Prüfen von Betonen des bautechnischen Strahlenschutzes (Strahlenschutzbeton Merkblatt 1996). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 1996.
DBV Merkblatt:2004	Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen. Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2004.
DBV Merkblatt:2013	Industrieböden aus Stahlfaserbeton. Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2013.
DBV Merkblatt:2014	Chemischer Angriff auf Betonbauwerke. Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien (Chemischer Angriff-Merkblatt 2014). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2014.
DBV Merkblatt:2015	Betondeckung und Bewehrung. Sicherung der Betondeckung beim Entwerfen, Herstellen und Einbauen der Bewehrung sowie des Betons nach EC 2 (Betondeckung-Merkblatt 2015). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2015.
DBV Merkblatt:2017	Chemischer Angriff auf Beton. Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung (Chemischer Angriff-Merkblatt 2017). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2017.
DBV Merkblatt:2017	Industrieböden aus Beton. Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2017.
DBV Merkblatt:2017	Selbstverdichtender Beton (SVB). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2017.
DIN 459-1:1995	Mischer für Beton und Mörtel. Teil 1: Begriffe, Leistungsermittlung, Größen
DIN 488-1:1972	Betonstahl. Begriffe, Eigenschaften, Werkennzeichen. Visszavont szabvány

DIN 488-1:1984	Betonstahl. Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen. Visszavont szabvány
DIN 488-1:2009	Betonstahl. Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung
DIN 488-2:2009	Betonstahl. Teil 2: Betonstabstahl
DIN 488-3:2009	Betonstahl. Teil 3: Betonstahl in Ringen, Bewehrungsdraht
DIN 488-4:2009	Betonstahl. Teil 4: Betonstahlmatten
DIN 820-3:2014	Normungsarbeit. Teil 3: Begriffe
DIN 1045:1943	Teil A. Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton
DIN 1045:1972	Beton und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung
DIN 1045:1978	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN 1045:1988	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN 1045-1:2008	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN EN 1992-1-1:2011 és DIN EN 1992-3:2011 szabvány
DIN 1045-2:2001	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. A DIN EN 206-1 európai szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma
DIN 1045-2:2008	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. A DIN EN 206-1 európai szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma. (Napjainkban: DIN 1045-2:2022 Entwurf → tervezet)
DIN 1045-2:2022 Entwurf	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton. Megjegyzés: E szabványban többek között három betonosztályt (BK-N, BK-E és BK-S) vezettek be az E DIN 1045-1000:2022-07 szabványtervezet szerinti betonépítési minőségi osztályok (BBQ → Betonbauqualitätsklassen) alkalmazásához, és átvették a DAfStb-Richtlinie „Anforderungen an Ausgangsstoffe zur Herstellung von Beton” („Követelmények a betongyártás alapanyagaira”) című műszaki irányelvben szereplő követelményeket.
DIN 1045-3:2001	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN 1045-3:2008, DIN 1045-3:2012, DIN EN 13670:2011 szabvány
DIN 1045-3:2008	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 3: Bauausführung. Az előző változat 2001-ben jelent meg
DIN 1048:1957	Bestimmungen für Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton
DIN 1048-1:1978	Prüfverfahren für Beton. Frischbeton, Festbeton gesondert hergestellter Probekörper

DIN 1048-2:1991	Prüfverfahren für Beton. Festbeton im Bauwerken und Bauteilen. Visszavont szabvány
DIN 1048-4:1991	Prüfverfahren für Beton. Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen. Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren
DIN 1048-5:1991	Prüfverfahren für Beton. Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper
DIN 1084-1 és -3:1988	Überwachung (Güteüberwachung) im beton- und Stahlbetonbau.
DIN 1055-100:2001	Teil 1: Beton BII auf Baustellen, Teil 3: Transportbeton Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung. Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Visszavont szabvány
DIN 1164-1:1978	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement. Begriffe, Bestandteile, Anforengungen, Lieferung. Visszavont szabvány
DIN 1164-10:2004	Zement mit besonderen Eigenschaften. Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften
DIN 1164-10:2022 Entwurf	Zement mit besonderen Eigenschaften. Teil 10: Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt. Zusammensetzung und Anforderungen
DIN 1164-11:2003	Zement mit besonderen Eigenschaften. Teil 11: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit verkürztem Erstarren
DIN 1164-11:2024	Zement mit besonderen Eigenschaften. Teil 11: Zement mit verkürztem Erstarren. Zusammensetzung und Anforderungen
DIN 1179:1935	Körnungen für Sand, Kies und zerkleinerte Stoffe
DIN 1605-3:1936	Werkstoffprüfung; Mechanische Prüfung der Metalle. Blatt 3: Kugeldruckversuch nach Brinell. Visszavont szabvány
DIN 1605-4:1936	Prüfung von Materialien; Mechanische Prüfung von Metallen. Blatt 4: Faltversuch. Visszavont szabvány
DIN 4030-1:2008	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
DIN 4030-2:2008	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben (Napjainkban: DIN 4030-2:2021 Entwurf → tervezet)
DIN 4102-4:1994	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. Visszavont szabvány
DIN 4102-4/A1:2004	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1.

	Visszavont szabvány
DIN 4102-22:2004	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten. Visszavont szabvány
DIN 4108:1969	Wärmeschutz im Hochbau. Visszavont szabvány
DIN 4108-4:2020	Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte (Nennwerte und bauphysikalische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen für die Berechnung des Wärmeschutzes)
DIN 4226-100:2002	Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel. Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen
DIN 4227:1953	Spannbeton. Richtlinien für die Ausführung und Bemessung
DIN 4227-1:1988	Spannbeton. Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung
DIN 4240:1962	Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge, Richtlinien für die Anwendung
DIN 4240:1972	Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge, Richtlinien für die Anwendung
DIN 5033-2:1992	Farbmessung. Teil 2.: Normvalenz-Systeme
DIN 8582:2003	Fertigungsverfahren Umformen. Einordnung. Unterteilung, Begriffe, Alphabetische Übersicht
DIN 11622-5:2015	Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos. Teil 5: Fahrsilos
DIN 18202:2013	Toleranzen im Hochbau. Bauwerke
DIN 18217:1981	Betonoberflächen und Schalhaut. Visszavont szabvány
DIN 18316:2016	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen. Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Verkehrswegebauarbeiten. Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln. Visszavont szabvány
DIN 18506:2002	Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder. Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien
DIN 18551:1974	Spritzbeton. Herstellung und Prüfung. Visszavont szabvány
DIN 18551:2014	Spritzbeton. Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen
DIN 18555-2:1982	Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemittel. Teil: 2: Frischmörtel mit dichten Zuschlägen. Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehalts, Visszavont szabvány
DIN 18560-1:2015	Estriche im Bauwesen. Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung
DIN 18560-7:2004	Estriche im Bauwesen. Teil 7: Hochbeanspruchbare Estriche (Industriestriche)

DIN 25413-1:2013	Klassifikation von Abschirmbetonen nach Elementanteilen. Teil 1: Abschirmung von Neutronenstrahlung
DIN 25413-2:2013	Klassifikation von Abschirmbetonen nach Elementanteilen. Teil 2: Abschirmung von Gammastrahlung
DIN V 20000-120:2006	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken. Teil 120: Anwendungsregeln zu DIN EN 13369:2004
DIN 40080:1979	Verfahren und Tabellen für Stichprobenprüfung anhand qualitativer Merkmale (Attributprüfung). Visszavont szabvány
DIN 50150:2000	Prüfung metallischer Werkstoffe. Umwertung von Härtewerten. Visszavont szabvány
DIN 50156-1:2007	Metallische Werkstoffe. Härteprüfung nach Leeb. Teil 1: Prüfverfahren. Visszavont szabvány
DIN 50156-2:2007	Metallische Werkstoffe. Härteprüfung nach Leeb. Teil 2: Überprüfung und Kalibrierung der Prüfgeräte. Visszavont szabvány
DIN 50156-3:2007	Metallische Werkstoffe. Härteprüfung nach Leeb. Teil 3: Kalibrierung von Vergleichskörpern
DIN 50900-1:1982	Korrosion der Metalle. Begriffe. Allgemeine Begriffe. Visszavont szabvány
DIN 50900-2:2002	Korrosion der Metalle. Begriffe. Teil 2: Elektrochemische Begriffe. Visszavont szabvány
DIN 51097:1992	Prüfung von Bodenbelägen. Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft. Naßbelastete Barfußbereiche; Begehungsverfahren. Schiefe Ebene
DIN 51130:2014	Prüfung von Bodenbelägen. Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft. Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr. Begehungsverfahren. Schiefe Ebene
DIN 51211:1978	Prüfung metallischer Werkstoffe. Hin- und Herbiegeversuch an Drähten. Visszavont szabvány, amelyet a DIN ISO 7801:2008 szabvány váltott fel.
DIN 52103:1986	Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen. Bestimmung von Wasseraufnahme und Sättigungswert. Visszavont szabvány
DIN 52450:1985	Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe. Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern. Visszavont szabvány
DIN 53505:2000	Prüfung von Kautschuk und Elastomeren. Härteprüfung nach Shore A und Shore D. Visszavont szabvány, amelynek helyére a DIN ISO 7619-1:2012 és DIN ISO 7619-2:2012 szabvány lépett.
DIN 60900-1:1988	Garne. Technologische Einteilung, Begriffe
DIN 60900-2:1988	Garne. Beschreibung im Tex-System
DIN CEN/TS 16165:2016	Bestimmung des Gleitwiderstandes von Fußgängerbereichen. Ermittlungsverfahren. Deutsche Fassung CEN/TS 16165:2016

DIN EN 206:2017	Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A1:2016
DIN EN 1990:2002	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung. Módosították: DIN EN 1990/A1:2006 és a DIN EN 1990/A1 Berichtigung 1:2010 jel alatt
DIN EN 1990:2010	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
DIN EN 1992-1-1:2011	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010
DIN EN 1992-1-1/NA:2013	Nationaler Anhang. National festgelegte Parameter. Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1992-3:2011	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken - Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton; Deutsche Fassung EN 1992-3:2006
DIN EN 10138-1:2000 Entwurf	Spannstähle. Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Tervezet (A prEN 10138-1:2000 európai szabványtervezetet Magyarországon nem vezették be.)
DIN EN 10138-2:2000 Entwurf	Spannstähle. Teil 2: Draht. Tervezet (A prEN 10138-2:2000 európai szabványtervezetet Magyarországon nem vezették be.)
DIN EN 10138-3:2000 Entwurf	Spannstähle. Teil 3: Litze. Tervezet (A prEN 10138-3:2000 európai szabványtervezetet Magyarországon nem vezették be.)
DIN EN 10138-4:2000 Entwurf	Spannstähle. Teil 4: Stäbe. Tervezet (A prEN 10138-4:2000 európai szabványtervezetet Magyarországon nem vezették be.)
DIN EN 12390-2:2001	Prüfung von Festbeton. Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen. Visszavont szabvány
DIN EN 12390-2/A20:2015	Prüfung von Festbeton. Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Änderungen A20
DIN EN 13369:2001	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN EN 13369:2004 szabvány
DIN EN 13369:2004	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN EN 13369:2010 szabvány
DIN EN 13369:2010	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile
DIN EN 13670:2011	Ausführung von Tragwerken aus Beton
E DIN EN 13791:2006	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen. Szabványtervezet. Az európai

	prEN 13791 szabványtervezet német változata. Felváltotta a végleges DIN EN 13791:2008 szabvány
DIN EN 13791:2008	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen
DIN EN ISO 8044:2015	Korrosion von Metallen und Legierungen. Grundbegriffe (ISO 8044:2015). Dreisprachige Fassung EN ISO 8044:2015
DIN EN ISO 29581-2:2007	Prüfverfahren für Zement - Chemische Analyse von Zement. Teil 2: Analyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (ISO/DIS 29581-2:2007). Visszavont szabvány, érvényes változata: ISO 29581-2:2010
DIN EN ISO 80000-2:2013	Größen und Einheiten. Teil 2: Mathematische Zeichen für Naturwissenschaft und Technik (ISO 80000-2:2009)
DIN-Fachbericht 100:2010	Beton. Zusammenstellung von DIN EN 206-1 Beton. Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität und DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
DIN-Fachbericht 102:2009	Betonbrücken. Visszavont jelentés
DIN ISO 48-2:2021	Elastomere oder thermoplastische Elastomere. Bestimmung der Härte. Teil 2: Härte zwischen 10 IRHD und 100 IRHD (ISO 48-2:2018)
DIN ISO 48-3:2021	Elastomere oder thermoplastische Elastomere. Bestimmung der Härte. Teil 3: Gewichtbelastungs-Härte mittels der Skala der sehr niedrigen Gummihärte (VLRH) (ISO 48-3:2018)
DIN ISO 48-4:2021	Elastomere oder thermoplastische Elastomere. Bestimmung der Härte. Teil 4: Eindringhärte durch Durometer-Verfahren (Shore-Härte) (ISO 48-4:2018)
DIN ISO 2859-1:2014	Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) - Teil 1: Nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) geordnete Stichprobenpläne für die Prüfung einer Serie von Losen
DIN ISO 7619-1:2012	Elastomere oder thermoplastische Elastomere. Bestimmung der Eindringhärte. Teil 1: Durometer-Verfahren (Shore-Härte) (ISO 7619-1:2010). Visszavont szabvány, amelynek helyére a DIN ISO 48-4:2021 szabvány lépett
DIN ISO 7619-2:2012	Elastomere oder thermoplastische Elastomere. Bestimmung der Eindringhärte. Teil 2: IRHD-Taschengerätverfahren (ISO 7619-2:2010). Visszavont szabvány, amely helyett az ISO 48-5:2018 szabvány alkalmazását javasolják
DIN ISO 7801:2008	Metallische Werkstoffe. Draht. Hin- und Herbiegeversuch (ISO 7801:1984)

DWA-M 168:2010	Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitungen. DWA-Regelwerk, Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
EFNARC Sprayed Concrete	European Specification for Sprayed Concrete. Guidelines for Specifiers and Contractors. Farnham, United Kingdom, 1999. (www.efnarc.org)
EFNARC Spritzbeton	EFNARC Richtlinie für Spritzbeton. Anleitung für Projektanten und Unternehmer. Aldershot, United Kingdom, 2000. (www.efnarc.org)
EN 206-1:2000	Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity. Módosították: EN 206-1:2000/A1:2004 és EN 206-1:2000/A2:2005 jel alatt
prEN 206:2012	Concrete. Specification, performance, production and conformity. Európai szabványtervezet. Helyettesítette az EN 206-1:2000 és az EN 206-9:2010 szabványokat. Mai változata: MSZ EN 206:2013 + A1:2017 + A2:2021
EN 206-100 DRAFT 14:2023	CEN/TC 250/SC 2 (2023) Eurocode 2: Design of concrete structures, v231106
prEN 1992-1-1:2003	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1992-1-1:2004	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Helyesbítették az EN 1992-1-1:2004/AC:2008 jel alatt.
EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Az EN 1992-1-1:2004 szabvány 2008. évi helyesbítése
prEN 10138-1:2000	Prestressing steels. Part 1: General requirements
prEN 10138-2:2000	Prestressing steels. Part 2: Wire
prEN 10138-3:2000	Prestressing steels. Part 3: Strand
prEN 12398:1996	Testing concrete. Non-destructive testing. Determination of rebound number. A követő szabvány: EN 12504-2:2001
prEN 17555-1:2021	Aggregates for construction works. Part 1: Characteristics (Gesteinskörnungen für Bauwerke. Teil 1: Produktnorm)
prEN 17555-2:2021	Aggregates for construction works. Part 2: Complementary information (Gesteinskörnungen für Bauwerke. Teil 2: Ergänzende Informationen)
ETAG 001:2008	Guideline for European Technical Approval of metal anchors for use in concrete. EOTA. Brussels
ETAG 013:2002	Guideline for European Technical Approval of post-tensioning kits for prestressing of structures. EOTA. Brussels
E DIN EN 12398:1996	Prüfung von Beton. Zerstörungsfreie Prüfung. Bestimmung der Rückprallzahl. A követő szabvány: DIN EN 12504-2:2001
e-UT 05.01.11:2009	Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 3. rész: Útalapok. Visszavont útügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.601-3:2006

e-UT 05.01.12:2008	Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 1. rész: Kőanyagalmazok utak, repülőterek és más közforgalmi területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonataihoz. Visszavont utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.601-1:2008
e-UT 05.01.13:2008	Kőlisztek. Kőanyagalmazok utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonataihoz. Visszavont utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.602:1989
e-UT 05.01.14:2009	Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 2. rész: Zúzott kőanyagalmazok út-, pálya- és hídbetonokhoz. Visszavont utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.601-2:2009
e-UT 05.01.15:2018	Útépítési kőanyagalmazok
e-UT 05.02.31:2008	Útbeton betonhulladék újrahasznosításával. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.710:2008
e-UT 05.02.54:2006	Pályalemezekből visszanyert beton újrafelhasználása. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.210:2006
e-UT 06.03.11:2010	Kerékpár utak, gyalogutak és járdák pályaszerkezete. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-1.502:2010
e-UT 06.03.12:2009	Kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezése. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-1.503:2009
e-UT 06.03.15:2006	Betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezése. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.211:2006
e-UT 06.03.31:2017	Beton pályaburkolatok építése. Építési előírások, követelmények. Utügyi műszaki előírás-tervezet. Előzménye: ÚT 2-3.201:2006
e-UT 06.03.32:1993	Útépítési beton burkolatalapok. Követelmények. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.204:1993
e-UT 06.03.34:2007	Kompozit burkolatú (merek) útpályaszerkezetek építése. Építési előírások, követelmények. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-1.504:2007
e-UT 06.03.35:2008	Hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű betonburkolatú merev útpályaszerkezet építése. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.213:2008
e-UT 06.03.42:2007	Betonkő burkolatú pályaszerkezetek tervezése és építése. Követelmények. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.212:2007
e-UT 06.03.52:2007	Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Tervezési előírások. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.207:2007
e-UT 07.01.14:2011	Beton, vasbeton és feszített vasbeton hidak. Közúti hidak tervezése (KHT) 4. Utügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.414:2004
e-UT 07.01.17:2010	Szigetelés és aszfaltburkolat nélküli NT-betonból készülő hídfelszerkezetek tervezése és építése. MAÚT tervezési útmutató (TÚ 21.)

e-UT 07.01.21:2016	Közlekedésépítési célú, előregyártott könnyűbeton tartószerkezeti elemek tervezése és gyártása. MAÚT tervezési útmutató (TÚ 32.)
e-UT 07.02.11:2011	Közúti hidak építése 1. Beton, vasbeton és feszített vasbeton hídszerkezetek. Ütügyi műszaki előírás
e-UT 07.02.11:2020 T	Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti és vasúti műtárgyak építése. Ütügyi műszaki előírás tervezet
e-UT 07.03.25:2020	Vasbeton pályalemezű hidak szigetelése és kocsi pályaburkolata. Ütügyi műszaki előírás
e-UT 08.02.31:2007	Betonburkolatok fenntartási technológiái. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-2.125:2007
e-UT 09.01.31:1990	Út- és hídépítési betonok párazáró anyagainak minőségi követelményei és vizsgálati módszerei. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.702:1990
e-UT 09.03.11:1999	Beton vasbeton és feszített vasbeton hidak betonkorrozíós vizsgálata. Karbonátosodás, a kloridbehatolás mélységének és a kloridtartalom mennyiségének meghatározása. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.408:1999
e-UT 09.04.11:1999	Közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-kalapáccsal és ultrahanggal. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-2.204:1999
ÉKSZ:1970	Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1970.
ÉPMI 4/2019. (VII.1.)	Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben. Építésügyi műszaki irányelv. https://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/8PZIVE/\$FILE/EMI%206.3%20napirend_v4.pdf
ÉPMI 5/2020. (V.11.)	Ipari padlók tervezési és kivitelezési szabályai. Ipari padlók, padozati anyagok, rétegek, tulajdonságok, követelmények. Építésügyi műszaki irányelv. https://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/JDTUDE/\$FILE/Ipari_padlok_tervezesi_es_kivitelezesi_szabalyai.pdf
ÉPMI 5/2022. (VII. 12.)	Feszített homlokzati elemek tűzvédelmi jellemzői. Építésügyi műszaki irányelv. https://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/OKVWQS/\$FILE/FESZITETT_HOMOKZATI_ELEMEK_iranyelv_07_07_.pdf
ÉPMI 1/2023. (I.18.)	Esztrich-padozatok tervezése. Padozati anyagok, rétegek, tulajdonságok, követelmények. Építésügyi műszaki irányelv. https://emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/8GJ4SQ/\$FILE/Esztrich_padozatok_iranyelv_20230126.pdf
FGSV-Merkblatt für Luftporenbeton	Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. FGSV Arbeitsgruppe Betonstraßen. Köln, 2004.
IaFB Textile Flächenbildung	Merkblatt:2010 HHT – M.0,5 Merkblatt-Hochleistungsholztragwerke. Material. Textile

	Flächenbildung. Institut für angewandte Forschung im Bauwesen e.V. Berlin, 2010. (http://iafb.de/fileadmin/static/Forschungsprojekte/Hochleistungsholztragwerke/Merkblaetter/Material/4-05_Merkblatt_Material_Textile_Flaechenbildung.pdf)
IMI 27:1963 (régi jelzete: IMI 27-63)	A gázszilikát termékek építőipari alkalmazása. Ideiglenes műszaki irányelv. ÉM. Építésügyi Dokumentációs Iroda. Budapest, 1963. (ÉM. → Építésügyi Minisztérium)
ISO 48:1979	Vulcanized rubbers. Determination of hardness (Hardness between 30 and 85 IRHD). Edition 2. Visszavont szabvány
ISO 48-2:2018	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of hardness. Part 2: Hardness between 10 IRHD and 100 IRHD
ISO 48-3:2018	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of hardness. Part 3: Dead-load hardness using the very low rubber hardness (VLRH) scale
ISO 48-5:2018	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of hardness. Part 5: Indentation hardness by IRHD pocket meter method
ISO 565:1990	Test sieves. Woven metal wire cloth, perforated plate and electroformed sheet. Nominal size of openings
ISO 1920-3:2004	Testing of concrete. Part 3: Making and curing test specimens
ISO 1920-4:2005	Testing of concrete. Part 4: Strength of hardened concrete
ISO 3310-1:2016	Test sieves. Technical requirements and testing. Part 1: Test sieves of metal wire cloth
ISO 3310-2:2013	Test sieves. Technical requirements and testing. Part 2: Test sieves of perforated metal plate
ISO 3951-1:2013	Sampling procedures for inspection by variables. Part 1: Specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection for a single quality characteristic and a single AQL
ISO 4012:1978	Concrete. Determination of compressive strength of test specimens
ISO 4316:1977	Surface active agents. Determination of pH of aqueous solutions. Potentiometric method
ISO 7150-2:1986	Water quality. Determination of ammonium. Part 2: Automated spectrometric method
ISO 7890-1:1986	Water quality. Determination of nitrate. Part 1: 2,6-Dimethylphenol spectrometric method
ISO 8405:2013	Tools for moulding. Ejector sleeves with cylindrical head. Basic series for general purposes
ISO 9277:2010	Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption. BET method
ISO 12491:1997	Statistical methods for quality control of building materials and components
ISO 12570:2018	Hygrothermal Performance of Building Materials and Products. Determination of Moisture Content by Drying at Elevated Temperature

ISO 16204:2012	Durability. Service life design of concrete structures
ISO 29581-2:2010	Cement. Test methods. Part 2: Chemical analysis by X-ray fluorescence. A szabványt 2015-ben felülvizsgálták, és változatlanul érvényben hagyták
ISO 80000	Data quality. 2000-es évek elején megjelent szabványsorozat a mértékegységekről
ISO/TR 25679:2005	Mechanical testing of metals. Symbols and definitions in published standards
JCSS 2000:	Probabilistic Model Code. Joint Committee on Structural Safety, RILEM. www.jcss.ethz.ch , 2000
JGJ/T23:2001	Technical specification for inspection of concrete compressive strength by rebound method. Visszavont kínai szakmai szabvány, ma érvényes változata: JGJ/T23:2011. https://www.codeofchina.com/standard/JGJT23-2011.html
JIS G 0566:1980	Method of spark test for steels. Funkentestverfahren für Stähle. Japán ipari szabvány
JSCE-SF3:1984	Method of making specimens for strength and toughness tests of shotcreted steel fiber reinforced concrete. Japan Society of civil Engineers. Tokyo, 1984.
JSCE TM-SCC:1999	Standard Test Methods for Self-Compacting Concrete. Japan Society of civil Engineers. Tokyo, 1999. (http://www.jsce.or.jp/committee/concrete/e/newsletter/newsletter01/recommendation/selfcompact/4.pdf)
Közúti Hídszabályzat	KPM Sz. HI/I-56 R jelű Közúti Hídszabályzat. KPM IX. 2. Közúti Hídosztály. Budapest, 1956.
Közúti Hídszabályzat	KPM SZ HI/1-67 jelű Közúti Hídszabályzat. KPM Közúti Főosztály. Budapest, 1968.
KPMSZ KT/1:1954	Városi és községi utak tervezési irányelvei
MÁV H. 2. sz.:1984	Magyar Államvasutak. Utasítás vasúti beton és vasbetonhidak építésére. Közlekedési Dokumentációs Vállalat. Budapest, 1984.
ME 19:1963 (régi jelzete: ME-19-63)	Beton és vasbeton készítésére vonatkozó műszaki előírás és annak 1967-ben kiadott 1. számú módosító kiegészítése. ÉM. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1963. és 1967. (ÉM. → Építésügyi Minisztérium)
ME-48:1963	Műszaki előírás habarcsok készítésére. ÉM. Építésügyi Dokumentációs Iroda. Budapest, 1964. (ÉM. → Építésügyi Minisztérium). Érvényét veszítette az Építésügyi Értesítő 1973. augusztus 11-i száma szerint
ME 113:1980	Kohóhabsalak betonok építőipari alkalmazása. Egykori építésügyi ágazati műszaki előírás (ME 113-80). Az előzménye volt: IME 37:1960 és ME 80:1964.
MÉASZ ME-04.19:1995	Beton és vasbeton készítése. Műszaki előírás. Magyar Építőanyagipari Szövetség. Budapest, 1995.
MI-04.19:1981	Beton és vasbeton készítése. Építésügyi ágazati műszaki irányelv. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1981.

MI-04-562:1992	Transzportbeton. Építésügyi ágazati műszaki irányelv
MI-07-3318:1986	Közüti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-kalapáccsal. Visszavont közlekedési ágazati műszaki irányelv
MI-10-238:1978	Résfalak vízépítési alkalmazása. Visszavont vízügyi műszaki irányelv
MI 247-3:1974	Tömegcikkék matematikai-statisztikai minősítése. Alkalmazási módszerek. Műszaki irányelv
MI 15011:1988	Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata. Visszavont műszaki irányelv
MI 15022-6:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Könnyűbeton szerkezetek. Visszavont műszaki irányelv
MI 15191:1979	Acélok Vickers, Brinell és Rockwell szerinti keménységének és szakítószilárdságának összehasonlító táblázata. Visszavont műszaki irányelv
MI 15908:1957	Épületek hővédelme (hőszigetelése)
MI 17098:1974	Megbízhatósági vizsgálatok Weibull-eloszláson alapuló próbavételi tervei. Visszavont műszaki irányelv
MI 17099:1972	Megbízhatósági vizsgálatok exponenciális eloszláson alapuló próbavételi tervei. Visszavont műszaki irányelv
MNOSZ 133:1951	Mészhomoktégla
MNOSZ 521:1950	Cementek
MNOSZ 521:1951	Cementek című szabvány 1. módosítása
MNOSZ 695:1951	Huzalhálók. Ellenőrző sziták huzalszöveve
MNOSZ 934:1949	Beton- és alapanyagainak vizsgálata
MNOSZ 1221:1951	Kőjellegű anyagok kopásának laboratóriumi vizsgálata csiszolás útján
MNOSZ 4715:1955	Megszilárdult beton vizsgálata
MNOSZ 4716:1954	Mészpuccolán. Hidraulikus kötőanyag
MNOSZ 4941:1951	Huzalhálók. Huzalszövet általános használatra, síma szövással
Model Code 1990	CEB-FIP Model Code 1990. Final draft. Volume 1. és Volume 2. CEB. Comité Euro-International du Béton. Lausanne, 1991.
Model Code 2010	<i>fib</i> Model Code 2010. - First complete draft. Volume 1, <i>fib</i> Bulletin 55. és Volume 2, <i>fib</i> Bulletin 56. International Federation for Structural Concrete (<i>fib</i>). Lausanne, 2010. - Final draft, Volume 1, <i>fib</i> Bulletin 65. és Volume 2, <i>fib</i> Bulletin 66. International Federation for Structural Concrete (<i>fib</i>). Lausanne, 2012.
MOSz 21:1933	Hengerelt folytacél lemezek
MOSz 23:1933	Hengerelt folytacél. 3 mm-en aluli kereskedelmi és minőségi lemezek műszaki követelményei
MOSz 32:1935	MMÉE. Portlandcement
MOSz 37:1933	Keramikő
MOSz 68:1934	Ötvözött acélok. Nikkel és krómnikkel acélok. Betétben edzhető acélok
MOSz 69:1934	Ötvözött acélok. Krómnikkel acélok. Nemesíthető acélok

MOSz 102:1933	Az acélsanyagok vizsgálatánál használatos jelölések és azok értelmezése
MOSz 103:1933	Az acélsanyagok vizsgálata és próbavétele
MOSz 105:1933	Acélvizsgálat. Kísérletek
MOSz 106:1933	A kovácsolt vagy hengerelt folytacél. Szállítási állapot és melegkezelés
MOSz 112:1933	Hengerelt folytacél. Alakvas, rúdvas, szélesvas. Szerkezeti acélok
MOSz 133:1934	Mészhomoktégla
MOSz 695:1942	Fémhuzalszövetek ellenőrző szitákhoz. Méretezések
MSZ-04-140-1:1978	Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai. Meghatározások és jelölések. Visszavont szabvány
MSZ-07 3212-3:1981	Beton pályaburkolatok. Követelmények. Visszavont szabvány
MSZ 57:1977	Gipsz kötőanyagok. Visszavont szabvány
MSZ 62:1978	Radioizotópok sugárzása elleni védelem. Visszavont szabvány
MSZ 62-1:1989	Ionizáló sugárzás elleni védelem. Általános előírások. Visszavont szabvány
MSZ 62-2:2017	Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 2. rész: A foton- és elektronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-3:2017	Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 3. rész: A neutronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-7:2017	Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 7. rész: Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor
MSZ 105-1:1987	Fémek mechanikai vizsgálata. Szakítóvizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 105-9:1986	Fémek mechanikai vizsgálata. Keménységmérés Brinell szerint. Visszavont szabvány
MSZ 105-11:1987	Fémek mechanikai vizsgálata. Keménységmérés Rockwell szerint. Visszavont szabvány
MSZ 105-12:1986	Fémek mechanikai vizsgálata. Keménységmérés Vickers szerint HV 5-től HV 100-ig. Visszavont szabvány
MSZ 105-16:1979	Fémek, ötvözetek. Szilárdsági vizsgálatok. Bemetszett próbatest ütővizsgálata szobahőmérsékleten. Visszavont szabvány
MSZ 105-34:1986	Fémek mechanikai vizsgálata. Keménységmérés Vickers szerint HV 5 alatt HV 0,2-ig. Visszavont szabvány
MSZ 108-2:1992	Mész és mésztermékek. Építési mész. Visszavont szabvány
MSZ 246-1:1956	Tömegcikkék matematikai statisztikai gyártmányellenőrzése. Alapelvek. Visszavont szabvány
MSZ 246-2:1956	Tömegcikkék matematikai statisztikai gyártásellenőrzése. Mérési ellenőrzés, Visszavont szabvány
MSZ 246-3:1957	Tömegcikkék matematikai statisztikai gyártásellenőrzése. Minősítési ellenőrzés, Visszavont szabvány

MSZ 247-1:1977	Statisztikai átvételi ellenőrzés alternatív jellemző alapján. Visszavont szabvány. A szabvány korábbi jelzete: MSZ KGST 548:1977. A szabvány az MSZ 247-1:1975 szabványt érvénytelenítette
MSZ 256-2:1973	Mérési sorozatok matematikai-statisztikai feldolgozása. Konfidencia-határok. Visszavont szabvány
MSZ 260-6:1977	Szennyvizek vizsgálata. Kloridion meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 339:1987	Melegen hengerelt betonacél szabvány 3. kiadása, 2006)
MSZ/T 339:2012	Betonacélok. Melegen hengerelt betonacél, hidegen alakított betonacélhuzal, gépi hegesztéssel készített síkhálók és térbeli rácsos tartók. Követelmények. Érvényre nem lépett, de alkalmazott szabványtervezet
MSZ 448-9:1980	Ivóvízvizsgálat. Ólom meghatározása
MSZ 448-18:1977	Ivóvízvizsgálat. Foszfát meghatározása
MSZ 465:1987	Feszítőpázsma feszített vasbeton szerkezetekhez
MSZ 500:1989	Általános rendeltetésű, ötvözetlen, szerkezeti alap- és minőségi acél. Visszavont szabvány
MSZ 509:1983 és MSZ 509:1989	A valószínűségszámítás és az alkalmazott statisztika fogalm meghatározásai. Visszavont szabványok
MSZ 523:1953	A cementek fizikai vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 523-4:1975	A cementek fizikai jellemzőinek vizsgálata. A hajlító- és nyomószilárdság meghatározása. Visszavont szabvány. Helyére az MSZ EN 196-1:1990 szabvány lépett, amelynek ma érvényes változata: MSZ EN 196-1:2016
MSZ 523-5:1975	A cementek fizikai jellemzőinek vizsgálata. Térfogatállandóság. Visszavont szabvány. Helyére az MSZ EN 196-3:1990 szabvány lépett, amelynek ma érvényes változata: MSZ EN 196-3:2017
MSZ 982:1987	Hidegen alakított betonacélhuzal
MSZ 1991:1967	Természetes építési kövek és kőzúzalékok vizsgálati módszerei. Visszavont szabvány
MSZ 3259:1985	Ásványolajok és ásványolajtermékek sűrűségének meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 4702:1956	Cementek. Portlandcement, kohósalak-portlandcement, traszportlandcement. Visszavont szabvány
MSZ 4702-2:1972 T	Cementek. Portland-, kohósalakportland-, pernyeportlandcement. Visszavont szabványtervezet
MSZ 4702-2:1974	Cementek. Portland-, kohósalakportland-, pernyeportlandcementek. Visszavont szabvány
MSZ 4702-2:1981	Cementek. Portlandcementek, kohósalak-portlandcementek, pernye-portlandcementek és kohósalakcement. Visszavont szabvány
MSZ 4702-2:1997	Cementek. Követelmények és megfelelőségi feltételek. Visszavont szabvány
MSZ 4702-4:1982	Cementek. Szulfátálló portlandcementek. Visszavont szabvány
MSZ 4706:1963	Savanyú hidraulikus cementkiegészítő anyagok. Visszavont szabvány

MSZ 4706-3:1998	Cementkiegészítő anyagok. Granulált kohósalak. Visszavont szabvány
MSZ 4707:1951	Kohósalak, cement gyártására. Visszavont szabvány
MSZ 4713:1955	A beton alapanyagainak vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4713-3:1977	A beton alapanyagainak munkahelyi vizsgálata. Adalékanyag. Visszavont szabvány
MSZ 4714:1955	Friss betonkeverékek vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4714-2:1986	A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A betonalkotók mennyiségének, a beton testsűrűségének és légpórustartalmának meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 4714-3:1986	A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 4715:1955	Lásd: MNOSZ 4715:1955
MSZ 4715:1961	Megszilárdult beton vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4715-3:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok. Visszavont szabvány
MSZ 4715-4:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4715-4:1987	Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4715-5:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Roncsolásmentes vizsgálatok. Visszavont szabvány
MSZ 4715-6:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. A beton alakváltozása. Visszavont szabvány
MSZ 4719:1958	A betonok fajtái és jelölésük. Visszavont szabvány
MSZ 4719:1982	Betonok. Visszavont szabvány
MSZ 4720:1961	A betonok minőségi követelményei és minősítésük
MSZ 4720-2:1980	A beton minőségének ellenőrzése. 2. rész: Általános tulajdonságok ellenőrzése. Visszavont szabvány
MSZ 4737-1:2002	Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ 4737-1:2013	Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ 4737-2:2013	Különleges cementek. 2. rész: Fehér cementek
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon. Visszavont szabvány
MSZ 4798:2016	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ 4798:2016/1M:2017	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon. Az MSZ 4798:2016 módosítása.
MSZ 4798:2016/2M:2018	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási

	feltételei Magyarországon. Az MSZ 4798:2016 módosítása.
MSZ 4799:2023	Cementválasztás a beton környezeti osztálya szerint
MSZ 4900-4:1971	Fizikai mennyiségek neve, jele és mértékegysége. Hőtan. Visszavont szabvány. Visszavont későbbi változatok: MSZ 4900-4:1979 és MSZ 4900-4:1979/1M:1983
MSZ 5702:1978	Fémek hajlítóvizsgálata legalább 3 mm vastagságú termékekre. Visszavont szabvány
MSZ 5720:1993	Feszítőhuzal feszített vasbeton szerkezetekhez. 2. kiadás, 2003. október
MSZ 5999-1:1972	Fémek, ötvözetek. Technológiai vizsgálatok. Huzalok hajtogató-vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 9620-3:1990	Fénytechnológiai terminológia. Színmérés
MSZ 10777-3:1976	Vegyiszálak elnevezése. Előállítási forma szerinti elnevezés. Visszavont szabvány
MSZ 11336:1952 R	Ipartelepi belső utak tervezési irányelvei
MSZ 11346:1954 R	Alsóbbrendű utak tervezési irányelvei
MSZ 11404:1992	Adalékos könnyűbeton kézi falazóelemek. Visszavont szabvány
MSZ 11405:1992	Leier-építőelemek. Hat szabványból álló visszavont szabványsorozat
MSZ 12750-8:1989	Felszíni vizek vizsgálata. A cinktartalom meghatározása
MSZ 15022-1:1971	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-1:1971 M (1980)	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-1:1971 M (1982)	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-1:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-2:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Feszített vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-3:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Beton szerkezetek
MSZ 15033:1979	Beton- és vasbetonszerkezeti fogalmak és meghatározások
MSZ 15123:1952	Beton útburkolási munka
MSZ 15125:1952	Repülőterek guruló- és futópályáinak burkolási munkái
MSZ 15221:1969	Vízépítés. Szivárgások vizsgálata építményeket határoló talajrétegekben
MSZ 15266:1952 R	Főközlekedési utak tervezési irányelvei
MSZ 16000-2:1990	Habarcok. Általános rendeltetésű habarcok minőségi követelményei. Visszavont szabvány. Előzménye az MSZ 16000-2:1974 szabvány volt, az utód szabvány: MSZ EN 998-1:2017
MSZ 16011:1987	Perlitek csoportosítása és fogalommeghatározásai
MSZ 16014:1987	Duzzasztott perlitek vizsgálati módszerei
MSZ 16015:1988	Duzzasztott perlitek
MSZ 17746:1953 R	Bentonit vizsgálata

MSZ 18094-11:1979	Talajkorróziós vizsgálatok. A talaj és a talajvíz klorid-ion tartalmának meghatározása
MSZ 18280:1980	Építési kőanyagok alapfogalmai, jelölések
MSZ 18281:1979	Építési kőanyagok közettani megnevezése és osztályai
MSZ 18282-1:1987	Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. 1. rész: Termékek mintavétele és minősítése. Visszavont szabvány
MSZ 18282-2:1987	Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. 2. rész: Mintavétel és vizsgálati terv közetértékeléshez. Visszavont szabvány
MSZ 18282-3:1987	Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. 3. rész: Mintavétel és vizsgálati terv a magfűrészi mintaanyag értékeléséhez. Visszavont szabvány
MSZ 18282-4:1988	Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. 4. rész: Próbatetek és próbahalmazok előállítása és előkészítése vizsgálatra. Visszavont szabvány
MSZ 18283:1979	Építési kőanyagok közettani vizsgálati rendje. Visszavont szabvány
MSZ 18284-1:1979	Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. 1. rész: Fogalommeghatározások
MSZ 18284-2:1979	Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. 2. rész: Sűrűségi jellemzők vizsgálatai. Visszavont szabvány
MSZ 18284-3:1979	Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. 3. rész: Víztartalmi jellemzők vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 18284-4:1989	Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. 4. rész: A kapilláris vízfelszívás vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 18285-1:1989	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. 1. rész: Egyirányú nyomóvizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 18285-2:1979	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. 2. rész: Közvetett húzóvizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 18285-3:1979	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. 3. rész: Triaxiális nyomóvizsgálat
MSZ 18285-4:1979	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. 4. rész: Hasító vizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 18285-5:1986	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. 5. rész: A hajlítószilárdság vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 18286-1:1979	Építési kőanyagok energiavezetési és térfogatállandósági vizsgálatai. 1. rész: Ultrahanghullám terjedési sebességének vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 18286-2:1980	Építési kőanyagok energiavezetési és térfogatállandósági vizsgálatai. 2. rész: Hővezetőképesség meghatározása Bock-módszerrel. Visszavont szabvány
MSZ 18286-3:1980	Építési kőanyagok energiavezetési és térfogatállandósági vizsgálatai. 3. rész: Hőtágulási tényező meghatározása
MSZ 18287-1:1990	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. 1. rész: Los Angeles-vizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 18287-2:1983	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. 2. rész: Deval-vizsgálat
MSZ 18287-3:1983	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. 3. rész: Hummel-vizsgálat

MSZ 18287-4:1978	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. 4. rész: Szemcsehasító vizsgálat
MSZ 18287-5:1978	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. 5. rész: Csiszolódási vizsgálat
MSZ 18287-6:1984	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. 6. rész: Mikro-Deval-vizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 18288-1:1990	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás vizsgálata szitálással. Visszavont szabvány
MSZ 18288-2:1984	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. 2. rész: Szemmegoszlás vizsgálata ülepítéssel
MSZ 18288-3:1978	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. 3. rész: Szemalak vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 18288-4:1991	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. 4. rész: A vegyi szennyeződés vizsgálata
MSZ 18288-5:1981	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. 5. rész: Szemmegoszlásjellemzők számítása
MSZ 18289-1:1978	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 1. rész: Értékelés. Visszavont szabvány
MSZ 18289-2:1978	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 2. rész: Fagyasztás. Visszavont szabvány
MSZ 18289-3:1985	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 3. rész: Szulfátos kristályosítás. Visszavont szabvány
MSZ 18289-4:1978	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 4. rész: Savállóság
MSZ 18289-5:1978	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 5. rész: Hőtűrési vizsgálat -20 °C és +60 °C hőmérséklet között
MSZ 18289-6:1979	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 6. rész: Hőtűrési vizsgálat 750 ± 50 °C hőmérsékleten. Visszavont szabvány
MSZ 18289-7:1980	Építési kőanyagok időállóság-vizsgálata. 7. rész: Ultraibolya és infravörös sugárzási vizsgálat. Visszavont szabvány
MSZ 18290-1:1981	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kopási vizsgálat Böhme módszerrel
MSZ 18290-2:1980	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Felületi fényesség és fényezhetőség
MSZ 18290-3:1981	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: Szín vizsgálata
MSZ 18290-4:1982	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 4. rész: Mikrokeménység mérése Vickers szerint. Visszavont szabvány
MSZ 18290-5:1984	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: Próbahalmazok csiszolódási vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 18290-6:1985	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: Építő- és útburkoló kövek csúszási ellenállásának vizsgálata. Visszavont szabvány

MSZ 18290-7:1985	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 7. rész: A kopás vizsgálata Dorry-módszerrel
MSZ 18291:1978	Zúzottkő. Visszavont szabvány
MSZ 18292:1978	Terméskő. Visszavont szabvány
MSZ 18293:1979	Homok, homokos kavics és kavics. Visszavont szabvány
MSZ 18294:1986	Építőkövek. Visszavont szabvány
MSZ 18295:1979	Kőliszt. Visszavont szabvány
MSZ 18296:1979	Kőpor. Visszavont szabvány
MSZ 18297:1987	Útburkoló kövek. Visszavont szabvány
MSZ 18298-1:1979	Perlit. Fogalommeghatározások. Visszavont szabvány
MSZ 18298-2:1979	Perlit. Nyers perlitek. Visszavont szabvány
MSZ 18298-3:1979	Perlit. Duzzasztott perlitek. Visszavont szabvány
MSZ 18955:1985	A matematikai statisztikai adatfeldolgozás grafikus módszerei valószínűségi hálók segítségével. Visszavont szabvány
MSZ 18973:1986	A minőség statisztikai ellenőrzésének fogalommeghatározásai. Visszavont szabvány
MSZ 19397:1980	Építőanyagok természetes radioaktivitásának mérése
MSZ 20164:1988	Az építőipari méretepontoság statisztikai elemzése
MSZ 24803-1:2012	Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai. 1. rész: Általános előírások
MSZ 24803-6-3:2010	Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai. 6-3. rész: Monolit beton- és vasbeton szerkezetek. a helyi alakhűség és felületi állapot követelményei
MSZE 15612:2014	Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek. Magyar előszabvány
MSZE 21992-1-2:2008	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre (Az MSZ EN 1992-1-2:2005 nemzeti melléklete)
MSZ CEN/TR 15177:2009	A beton fagyállóságának vizsgálata. Belső szerkezeti károsodás. Európai műszaki jelentés
MSZ CEN/TR 15697:2009	Cement. A szulfátállóság teljesítőképességi vizsgálata. Jelentés a jelenlegi helyzetről. Európai műszaki jelentés
MSZ CEN/TS 15209:2024	Betonból, égetett agyagból és kőből előállított letapogatható (taktilis) burkolati jelzések. Európai műszaki specifikáció
MSZ CEN/TS 12390-9:2018	A megszilárdult beton vizsgálata. 9. rész: Fagyállóság. Lehámlás. Európai műszaki specifikáció
MSZ EN 196-1:1996	Cementvizsgáló módszerek. 1. rész: A szilárdság meghatározása
MSZ EN 196-1:2016	Cementvizsgáló módszerek. 1. rész: A szilárdság meghatározása
MSZ EN 196-2:2013	Cementvizsgáló módszerek. 2. rész: A cement kémiai elemzése
MSZ EN 196-3:2017	Cementvizsgáló módszerek. 3. rész: A kötési idő és a térfogat-állandóság meghatározása
MSZ EN 196-5:2011	Cementvizsgáló módszerek. 5. rész: A puccoláncementek puccolánosságának meghatározása
MSZ EN 196-6:2019	Cementvizsgáló módszerek. 6. rész: Az örlési finomság meghatározása

MSZ EN 196-7:2008	Cementvizsgálati módszerek. 7. rész: A cement mintavételi és minta-előkészítési eljárásai
MSZ EN 196-8:2010	Cementvizsgálati módszerek. 8. rész: Hidratációs hő. Oldásos módszer
MSZ EN 196-9:2010	Cementvizsgálati módszerek. 9. rész: Hidratációs hő. Féladiabatikus módszer
MSZ EN 196-10:2007	Cementvizsgálati módszerek. 10. rész: A cement vízdoldható króm(VI)- tartalmának meghatározása
MSZ EN 196-21:1992	Cementvizsgálati módszerek. A cement klorid-, széndioxid- és alkáliatartalmának meghatározása. Visszavont szabvány, amelynek utódszabványa az MSZ EN 192-2:2013 szabvány
MSZ ENV 197-1:1994	Cement. Összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek. 1. rész: Általános felhasználású cementek
MSZ EN 197-1:2011	Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei. 2. kiadás, 2017. augusztus
MSZ EN 197-4:2004	Cement. 4.rész: Kis kezdőszilárdságú kohósalakcementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei. Visszavonták, mert beépült az MSZ EN 197-1:2011 szabványba
MSZ EN 206-1:2002	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Módosították: MSZ EN 206-1:2000/A1:2004, MSZ EN 206-1:2000/A2:2005 és MSZ EN 206:2013+A1:2017 jel alatt
MSZ EN 206-9:2010	Beton. 9. rész: Kiegészítő szabályok öntömörödő betonhoz. Visszavont szabvány
MSZ EN 206:2014	Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Visszavont szabvány
MSZ EN 206:2013+A1:2017	Beton. Műszaki követelmények, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Visszavont szabvány
MSZ EN 206:2013+A2:2021	Beton. Műszaki követelmények, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 413-1:2011	Kőművescement. 1. rész: Összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 413-2:2017	Kőművescement. 2. rész: Vizsgálati módszerek
MSZ EN 445:2008	Injektálóhabarcs feszítőkábelekhez. Vizsgálati módszerek
MSZ EN 446:2008	Injektálóhabarcs feszítőkábelekhez. Injektálási eljárások
MSZ EN 447:2008	Injektálóhabarcs feszítőkábelekhez. Alapvető követelmények
MSZ EN 450-1:2013	Pernye betonhoz. 1. rész: Fogalommeghatározások, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 451-1:2017	Pernyevizsgálati módszerek. 1. rész: A szabad kalcium-oxid meghatározása
MSZ EN 451-2:2017	Pernyevizsgálati módszerek. 2. rész: A finomság meghatározása vizes szitálással
MSZ EN 459-2:2021	Építési mész. Vizsgálati módszerek
MSZ EN 480-1:2015	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. Vizsgálati módszerek. 1. rész:

MSZ EN 480-10:2009	Referenciabeton és referenciahabarcs a vizsgálatokhoz Adalékszer betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 10. rész:
MSZ EN 480-11:2006	A vízzoldható kloridtartalom meghatározása Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása
MSZ EN 932-1:1998	Kőanyaghalmozatok általános tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Mintavételi módszerek
MSZ EN 932-3:1998	Kőanyaghalmozatok általános tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: Eljárás és nevezéktan az egyszerűsített közettani leíráshoz. Visszavont szabvány
MSZ EN 932-3:2022	Kőanyaghalmozatok általános tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: Eljárás és terminológia az egyszerűsített közettani leíráshoz
MSZ EN 933-1:2012	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Sztavizsgálat
MSZ EN 933-2:2020	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Vizsgálósziták, a szitanyílások névleges mérete. (Megjegyzés: Ebben a szabványban szólnak az R20 szitasorozatról is.)
MSZ EN 933-3:2012	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A szemalak meghatározása. Lemezességi szám
MSZ EN 933-4:2008	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 4. rész: A szemalak meghatározása. Szemalaktényező
MSZ EN 933-5:1999	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: Tört szemek százalékos mennyiségének meghatározása durva kőanyaghalmozatokban
MSZ EN 933-5:1998/A1:2005	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: Tört szemek százalékos mennyiségének meghatározása durva kőanyaghalmozatokban
MSZ EN 933-6:2014	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: Felületi jellemzők meghatározása. A kőanyaghalmozatok kifolyási tényezője
MSZ EN 933-8:2000	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 8. rész: A finomszem-tartalom meghatározása. Homokeyenérték-módszer
MSZ EN 933-9:2009	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 9. rész: A finomszem-tartalom meghatározása. Metilénkékmódszer
MSZ EN 933-10:2009	Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 10. rész: A finomszem-tartalom

	meghatározása. A kőliszt szemmegoszlása (légsugaras szitálás)
MSZ EN 933-11:2009	Kőanyagghalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 11. rész: Újrahasznosított durva kőanyagghalmazok alkotóanyagainak osztályozó vizsgálata
MSZ EN 934-1:2008	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 1. rész: Közös követelmények
MSZ EN 934-2:2009+A1:2012	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés. Előzményei: MSZ EN 934-2:2002 és MSZ EN 934-2:2001/A2:2006
MSZ EN 934-4:2009	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 4. rész: Adalékszerek fesztőkábelek injektálóhabarcsához. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés
MSZ EN 934-5:2008	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 5. rész: Adalékszerek lőtt betonhoz. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés
MSZ EN 934-6:2002	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 6. rész: Mintavétel, megfelelés-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. Módosították: MSZ EN 934-6:2001/A1:2006 jel alatt
MSZ EN 998-1:2017	Előírás falazati habarcsra. 1. rész: Kültéri és beltéri vakolóhabarcs
MSZ EN 1008:2003	Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmasságának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert vizet is
MSZ EN 1015-2:1999	Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 2. rész: Összesített minta vétele habarcsokból és a vizsgálati habarcs elkészítése. Módosították az MSZ EN 1015-2:1998/A1:2007 szabvánnyal
MSZ EN 1015-3:2000	Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 3. rész: A friss habarcs konzisztenciájának meghatározása (ejtőasztallal). Módosították az MSZ EN 1015-3:1999/A1:2004 és az MSZ EN 1015-3:1999/A2:2007 szabvánnyal
MSZ EN 1015-6:1999	Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 6. rész: A friss habarcs testsűrűségének meghatározása. Módosították az MSZ EN 1015-6:1998/A1:2007 szabvánnyal
MSZ EN 1015-7:1999	Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 7. rész: A friss habarcs levegőtartalmának meghatározása
MSZ EN 1015-10:2000	Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 10. rész: A megszilárdult habarcs testsűrűségének meghatározása.

	Módosították az MSZ EN 1015-10:1998/A1:2007 szabvánnyal
MSZ EN 1015-12:2016	Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 12. rész: Szilárd vakolóhabarcsok tapadószilárdságának meghatározása hordozón
MSZ EN 1097-1:2012	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)
MSZ EN 1097-2:2020	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása
MSZ EN 1097-3:2000	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazsűrűség és a hézagterfogat meghatározása
MSZ EN 1097-6:2013	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása.
MSZ EN 1097-8:2020	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 8. rész: A csiszolódási érték meghatározása
MSZ EN 1097-9:2014	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 9. rész: A szöges gépjárműabroncsok koptatásával szembeni ellenállás meghatározása. Skandináv vizsgálat
MSZ EN 1338:2003	Beton útburkoló elemek. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1339:2003	Beton járdalapok. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1340:2003	Beton útszegélyelemek. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1341:2002	Természetes útburkoló kőlapok külső kövezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1342:2002	Természetes útburkoló kövek külső kövezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1367-1:2007	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 1. rész: A fagyállóság meghatározása
MSZ EN 1367-2:1999	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás. Visszavont szabvány
MSZ EN 1367-2:2010	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás
MSZ EN 1367-3:2001	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálatai. 3. rész: A „napszűrő bazalt” forralásos vizsgálata
MSZ EN 1367-6:2009	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálatai. 6. rész: A fagyállóság meghatározása só (NaCl) jelenlétében

MSZ EN 1504-1:2006	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 1. rész: Fogalommeghatározások
MSZ EN 1504-2:2005	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 2. rész: A beton felületvédelmi rendszerei
MSZ EN 1504-3:2006	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 3. rész: Szerkezeti és nem szerkezeti javítás
MSZ EN 1504-5:2013	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 5. rész: Betoninjektálás
MSZ EN 1504-10:2018	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 10. rész: A termékek és rendszerek alkalmazása a helyszínen, és a kivitel minőség-ellenőrzése
MSZ EN 1536:2012	Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Fúrt cölöpök
MSZ EN 1538:2012	Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Résfalak
MSZ EN 1542:2000	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A tapadószilárdság meghatározása leszakítással
MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013	Kőanyag-halmazok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kémiai elemzés
MSZ EN 1766:2017	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. Referenciabetonok vizsgálathoz
MSZ EN 1916:2003	Vasalatlan, acélszálas és vasalt betoncsövek és idomok
MSZ EN 1917:2003	Vasalatlan, acélszálas és vasalt betonból készült tisztító- és ellenőrző aknák
MSZ EN 1936:2007	Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. Az anyagsűrűség és a testsűrűség, valamint a teljes és a nyílt porozitás meghatározása
MSZ EN 1990:2011	Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai. Módosították: MSZ EN 1990:2002/A1:2008 jel alatt
MSZ EN 1991-1-1:2005	Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei. Visszavont szabvány
MSZ EN 1991-1-2:2005	Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-2. rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások
MSZ ENV 1992-1-1:1999	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-1:2005	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-1:2010	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész:

	Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-1:2004/A1:2016	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-2:2005	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
MSZ EN 1992-1-2:2010	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
MSZ EN 1992-2:2009	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 2. rész: Betonhidak. Tervezési és szerkesztési szabályok
MSZ EN 1992-3:2011	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 3. rész: Folyadéktartályok és tárolószerkezetek
MSZ EN 1993-1-1:2009	Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1993-1-10:2011	Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-10. rész: Anyagválasztás a szívósság és a vastagságirányú jellemzők alapján
MSZ EN 1998-1:2008	Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre. 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 10002-1:1994	Fémek. Szakítóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálat szobahőmérsékleten. Visszavont szabvány
MSZ EN 10002-1:2001	Fémek. Szakítóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálat szobahőmérsékleten. Visszavont szabvány
MSZ EN 10020:2001	Acélminőségek fogalommeghatározásai és csoportosítása
MSZ EN 10025:1998	Melegen hengerelt termékek ötvözetlen szerkezeti acélokból. Műszaki szállítási feltételek (tartalmazza az A1:1993 módosítást is). Visszavont szabvány
MSZ EN 10025-2:2020	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 2. rész: Ötvözetlen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
MSZ EN 10027-1:2017	Acélok jelölési rendszere. 1. rész: Az acélminőségek jele
MSZ EN 10027-2:2015	Acélok jelölési rendszere. 2. rész: Számrendszer
MSZ EN 10052:1995	A vasötvözetek hőkezelésének fogalommeghatározásai
MSZ EN 10080:2005	Betonacél. Hegeszthető betonacél. Általános követelmények (2. kiadás 2007)
MSZ EN 10088-1:2005	Korrózióálló acélok. 1. rész: A korrózióálló acélok jegyzéke
MSZ EN 10088-5:2009	Korrózióálló acélok. 5. rész: Szerkezeti célú, korrózió ellenálló acélból készült rudak, hengerhuzalok, huzalok, idomacélok és fényes termékek műszaki szállítási feltételei
MSZ EN 12114:2000	Épületek hővédelme. Épületszerkezetek és épületelemek légáteresztő képessége. Laboratóriumi vizsgálat
MSZ EN 12192-1:2002	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. A szemmegoszlás meghatározása. 1. rész: Az előkevert habarcs száraz alkotóanyagainak vizsgálati módszere
MSZ EN 12350-1:2019	A friss beton vizsgálata. 1. rész: Mintavétel
MSZ EN 12350-2:2019	A friss beton vizsgálata. 2. rész: Roskadásvizsgálat

MSZ EN 12350-3:2019	A friss beton vizsgálata. 3. rész: VEBE vizsgálat
MSZ EN 12350-4:2019	A friss beton vizsgálata. 4. rész: Tömörödési tényező (helyesen: <i>Tömörítési</i> mérték)
MSZ EN 12350-5:2019	A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülmérés ejtőasztalon
MSZ EN 12350-6:2019	A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
MSZ EN 12350-7:2019	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Levegő-tartalom. Nyomásmódszerek
MSZ EN 12350-8:2019	A friss beton vizsgálata. 8. rész: Öntömörödő beton. A roskadási terület vizsgálata
MSZ EN 12350-9:2010	A friss beton vizsgálata. 9. rész: Öntömörödő beton. Tölcséres kifolyási vizsgálat
MSZ EN 12350-10:2010	A friss beton vizsgálata. 10. rész: Öntömörödő beton. L szekrényes vizsgálat
MSZ EN 12350-11:2010	A friss beton vizsgálata. 11. rész: Öntömörödő beton. Az üledései stabilitás szítás vizsgálata
MSZ EN 12350-12:2010	A friss beton vizsgálata. 12. rész: Öntömörödő beton. Fékezőgyűrűs vizsgálat
MSZ EN 12371:2002	Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A fagyállóság meghatározása
MSZ EN 12385-2:2002+A1:2008	Acélsodrony kötelek. Biztonság. 2. rész: Fogalommeghatározások, megnevezés és osztályozás
MSZ EN 12390-1:2013	A megszilárdult beton vizsgálata. 1. rész: A próbatestek és sablonok alak-, méret- és egyéb követelményei
MSZ EN 12390-2:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 2. rész: A szilárdságvizsgálatokhoz szükséges próbatestek készítése és tárolása. Visszavont szabvány
MSZ EN 12390-2:2019	A megszilárdult beton vizsgálata. 2. rész: Szilárdságvizsgálati próbatestek készítése és tárolása
MSZ EN 12390-3:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága
MSZ EN 12390-4:2020	A megszilárdult beton vizsgálata. 4. rész: Nyomószilárdság. Előírások a vizsgálóberendezésekre
MSZ EN 12390-5:2019	A megszilárdult beton vizsgálata. 5. rész: A próbatestek hajlító-húzó szilárdsága
MSZ EN 12390-6:2010	A megszilárdult beton vizsgálata. 6. rész: A próbatestek hasító-húzó szilárdsága
MSZ EN 12390-7:2019	A megszilárdult beton vizsgálata. 7. rész: A megszilárdult beton testsűrűsége
MSZ EN 12390-8:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A vízzáróság vizsgálata
MSZ EN 12390-11:2016	A megszilárdult beton vizsgálata. 11. rész: A beton kloridállóságának meghatározása, egyirányú diffúzió
MSZ EN 12390-12:2020	A megszilárdult beton vizsgálata. 12. rész: A beton karbonátosodási hajlamának meghatározása. Gyorsított karbonátosodási módszer
MSZ EN 12390-13:2021	A megszilárdult beton vizsgálata. 13. rész: A nyomási rugalmassági húrmodulus meghatározása
MSZ EN 12390-16:2020	A megszilárdult beton vizsgálata. 16. rész: A beton zsugorodásának meghatározása

MSZ EN 12390-17:2020	A megszilárdult beton vizsgálata. 17. rész: A beton nyomás hatására keletkező kúszásának meghatározása
MSZ EN 12390-18:2021	A megszilárdult beton vizsgálata. 18. rész: A kloridmigrációs együttható meghatározása
MSZ EN 12440:2018	Természetes építőkövek. A megnevezés ismérvei
MSZ EN 12504-1:2019	A beton vizsgálata szerkezetekben. 1. rész: Fúrt próbatestek. Mintavétel, vizsgálat és a nyomószilárdság meghatározása
MSZ EN 12504-2:2001	A beton vizsgálata szerkezetekben. 2. rész: Roncsolásmentes vizsgálat. A visszapattanási érték meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ EN 12504-2:2013	A beton vizsgálata szerkezetekben. 2. rész: Roncsolásmentes vizsgálat. A visszapattanási érték meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ EN 12504-2:2021	A beton vizsgálata szerkezetekben. 2. rész: Roncsolásmentes vizsgálat. A visszapattanási érték meghatározása
MSZ EN 12504-3:2005	A beton vizsgálata szerkezetekben. 3. rész: A kihúzási erő meghatározása
MSZ EN 12504-4:2005	A beton vizsgálata szerkezetekben. 4. rész: Az ultrahang terjedési sebességének meghatározása
MSZ EN 12602:2017	Előre gyártott, vasalt, autoklávolt pórusbeton építőelemek
MSZ EN 12620:2002+A1:2008	Kőanyag-halmazok (adalékanyagok) betonhoz
MSZ EN 12878:2005	Pigmentek cement- és/vagy mészalapú építőanyagok színezésére. Műszaki követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 13036-4:2012	Utak és repülőterek felületi jellemzői. Vizsgálati módszerek. 4. rész: A felület csúszásellenállásának mérési módszere. Az ingás vizsgálat
MSZ EN 13043:2003	Kőanyag-halmazok (adalékanyagok) utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonatokhoz
MSZ EN 13055-1:2003	Könnyű kőanyag-halmazok. 1. rész: Könnyű kőanyag-halmazok (adalékanyagok) betonhoz, habarcs-hoz és injektálóhabarcs-hoz. Visszavont szabvány
MSZ EN 13055:2016	Könnyű kőanyag-halmazok
MSZ EN 13139:2006	Kőanyag-halmazok (adalékanyagok) habarcs-hoz
MSZ EN 13169:2012+A1:2015	Hőszigetelő termékek épületekhez. Gyári készítésű duzzasztott perlit (EPB-) termékek. Műszaki előírások
MSZ EN 13242:2002+A1:2008	Kőanyag-halmazok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz
MSZ EN 13263-1:2005+A1:2009	Szilikapor betonhoz. 1. rész: Fogalom meghatározások, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 13285:2011	Kötőanyag nélküli keverékek. Előírások
MSZ EN 13295:2004	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A karbonizációval (helyesen: karbonátosodással) szembeni ellenálló képesség meghatározása

MSZ EN 13318:2000	Esztrichhabarcsok és esztrichek. Fogalommeghatározások
MSZ EN 13369:2013	Előre gyártott betontermékek általános szabályai. Visszavont szabvány
MSZ EN 13369:2024	Előregyártott betontermékek általános szabályai
MSZ EN 13755:2008	Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A vízfelvétel meghatározása légköri nyomáson
MSZ EN 13412:2007	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A nyomási rugalmassági modulus meghatározása
MSZ EN 13577:2007	Vegyí hatásnak kitett beton. A víz agresszív szén-dioxid-tartalmának meghatározása
MSZ EN 13639:2017	A mészkő összes szervesszén-tartalmának meghatározása.
MSZ EN 13670:2010	Betonszerkezetek kivitelezése
MSZ EN 13687-1:2002	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A hőmérséklet-változással kapcsolatos tűrőképesség (összeférhetőség) meghatározása. 1. rész: Fagyasztási-olvasztási ciklusok olvasztósó oldatba merítéssel
MSZ EN 13687-3:2002	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A hőmérséklet-változással kapcsolatos tűrőképesség (összeférhetőség) meghatározása. 3. rész: Hőmérséklet-változási ciklusok olvasztósóoldat hatása nélkül
MSZ EN 13791:2007	Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése. Visszavont szabvány
MSZ EN 13791:2019	Betonszerkezetek és előregyártott betonelemek építéshelyi nyomószilárdságának értékelése
MSZ EN 13813:2003	Esztrichek és padozati anyagok. Esztrichhabarcsok. Tulajdonságok és követelmények
MSZ EN 13877-1:2013	Betonburkolatok. 1. rész: Anyagok
MSZ EN 13877-2:2013	Betonburkolatok. 2. rész: Betonburkolatok rendeltetésének megfelelő követelményei
MSZ EN 13892-2:2003	Esztrichhabarcsok vizsgálati módszerei. 2. rész: A hajlító-húzó és a nyomószilárdság meghatározása
MSZ EN 13892-3:2015	Esztrichhabarcsok vizsgálati módszerei. 3. rész: A kopási ellenállás meghatározása Böhme szerint
MSZ EN 13892-4:2003	Esztrichhabarcsok vizsgálati módszerei. 4. rész: A BCA kopási ellenállás meghatározása
MSZ EN 13892-5:2003	Esztrichhabarcsok vizsgálati módszerei. 5. rész: A hasznos esztrichhabarcsréteg gördülő kerékkel szembeni kopásállóságának meghatározása
MSZ EN 13892-8:2003	Esztrichhabarcsok vizsgálati módszerei. 8. rész: A tapadószilárdság meghatározása
MSZ EN 14068:2004	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A betonban lévő kiinjektált, nem mozgó repedések vízzáróságának meghatározása

MSZ EN 14157:2018	Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A kopásállóság meghatározása
MSZ EN 14617-4:2012	Műkövek. Vizsgálati módszerek. 4. rész: A kopásállóság meghatározása
MSZ EN 14216:2015	Cement. Nagyon kis hőfejlesztésű különleges cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei
MSZ EN 14316-1:2004	Hőszigetelő termékek épületekhez. Duzzasztott perlitből (EP) a helyszínen kialakított hőszigetelés. 1. rész: A beépítendő kötött és laza kitöltőanyagok
MSZ EN 14316-2:2007	Hőszigetelő termékek épületekhez. Duzzasztott perlitből (EP) a helyszínen kialakított hőszigetelés. 2. rész: A beépített termékek előírásai
MSZ EN 14487-1:2023	Lövelt beton (lőtt beton). 1. rész: Fogalommeghatározások, előírások és megfelelőség
MSZ EN 14487-2:2007	Lőtt beton. 2. rész: Kivitelezés
MSZ EN 14488-1:2005	Lőtt beton vizsgálata. Mintavétel friss és megszilárdult betonból
MSZ EN 14488-2:2007	Lőtt beton vizsgálata. 2. rész: A fiatal lőtt beton nyomószilárdsága
MSZ EN 14488-3:2024	Lövelt beton (lőtt beton) vizsgálata. 3. rész: A szálerősítésű, gerenda alakú próbatestek (első repedési, legnagyobb és maradó) hajlító-húzó szilárdságának meghatározása
MSZ EN 14488-5:2006	Lőtt beton vizsgálata. 5. rész: A szálerősítésű lappróbatestek energiaelnyelő képességének meghatározása
MSZ EN 14488-7:2006	Lőtt beton vizsgálata. 7. rész: A szálerősítésű beton száltartalma
MSZ EN 14630:2007	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A megszilárdult beton karbonátosodási mélységének meghatározása fenolftaleines módszerrel
MSZ EN 14647:2007	Kalcium-aluminát cement. Összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 14651:2005+A1:2008	Fémshálas beton vizsgálati módszere. A hajlító-húzó szilárdság mérése [arányossági határ (LOP), maradó hajlító-húzó szilárdság]
MSZ EN 15167-1:2007	Örölt, granulált kohósalak betonban, habarcsban és injektálóhabarcsban való felhasználásra. 1. rész: Fogalommeghatározások, előírások és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 15498:2008	Előre gyártott betontermékek. Cementkötésű faforgács szaluzóelemek. Tulajdonságok és teljesítőképesség
MSZ EN 15743:2010+A1:2015	Nagy szulfáttartalmú kohósalakcement. Összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 15804:2012+A2:2020	Építmények fenntarthatósága. Környezetvédelmi terméknyilatkozat. Építési termékek kategóriáját meghatározó szabályok
MSZ EN ISO 148-1:2017	Fémek. Charpy-féle ütővizsgálat (ISO 148-1:2016)

MSZ EN ISO 868:2003	Műanyagok és keménygumi. A benyomódásos keménység meghatározása keménységmérővel (Shore keménység) (ISO 868:2003)
MSZ EN ISO 4545-1:2018	Fémek. Knoop-keménységmérés. 1. rész: Mérési eljárás (ISO 4545-1:2017)
MSZ EN ISO 6506-1:2014	Fémek. Brinell-keménységmérés. 1. rész: Mérési eljárás (ISO 6506-1:2014)
MSZ EN ISO 6507-1:2018	Fémek. Vickers-keménységmérés. 1. rész: Mérési eljárás (ISO 6507-1:2018)
MSZ EN ISO 6508-1:2016	Fémek. Rockwell-keménységmérés. 1. rész: Mérési eljárás (ISO 6508-1:2016)
MSZ EN ISO 6892-1:2020	Fémek. Szakitóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálati módszer szobahőmérsékleten (ISO 6892-1:2019)
MSZ EN ISO 7345:2018	Épületek és épületszerkezetek hőtechnikai viselkedése. Fizikai mennyiségek és fogalommeghatározások (ISO 7345:2018)
MSZ EN ISO 7438:2021	Fémek. Hajlítóvizsgálat (ISO 7438:2020)
MSZ EN ISO 7500-1:2016	Fémek. Egytengelyű statikus vizsgálógépek kalibrálása és ellenőrzése. 1. rész: Húzó és nyomó vizsgálógépek. Az erőmérő rendszer kalibrálása és ellenőrzése (ISO 7500-1:2015)
MSZ EN ISO 7980:2000	Vízminőség. A kalcium és a magnézium meghatározása. Atomabszorpciós spektrometriás módszer (ISO 7980:1986)
MSZ EN ISO 8044:2003	Fémek és ötvözetek korróziója. Alapvető szakkifejezések és fogalommeghatározások (ISO 8044:1999). Visszavont szabvány
MSZ EN ISO 8044:2020	Fémek és ötvözetek korróziója. Szakszótár (ISO 8044:2020)
MSZ EN ISO 10304-1:2009	Vízminőség. Az oldott anionok meghatározása ionkromatográfiával. 1. rész: A bromid, a klorid, a fluorid, a nitrát, a nitrit, a foszfát és a szulfát meghatározása (ISO 10304-1:2007)
MSZ EN ISO 12572:2016	Építési anyagok és termékek hő- és nedvességtechnikai viselkedése. A páravezetési tulajdonságok meghatározása. Poharas módszer (ISO 12572:2016)
MSZ EN ISO 14556:2016	Fémek. Charpy-féle ingás ütővizsgálat. Műszeres vizsgálati módszer (ISO 14556:2015)
MSZ EN ISO 14577-1:2015	Fémek. A keménység és az anyagjellemzők műszeres, benyomódásos rendszerű mérése. 1. rész: Mérési eljárás (ISO 14577-1:2015)
MSZ EN ISO 14689:2018	Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Szilárd kőzetek azonosítása, leírása és osztályozása
MSZ EN ISO 15148:2003	Építési anyagok és termékek hő- és nedvességtechnikai viselkedése. A vízfelvételi együttható meghatározása részleges bemerítéssel (ISO 15148:2002)
MSZ EN ISO 15630-1:2020	Betonacél és feszítőacél. Vizsgálati módszerek. 1. rész: Betonacél rúd, pálca és huzal (ISO 15630-1:2019)
MSZ EN ISO 15630-2:2020	Betonacél és feszítőacél. Vizsgálati módszerek. 2. rész: Hegesztett síkháló és rácsos tartó (ISO 15630-2:2019)

MSZ EN ISO 16120-1:2017	Ötvözetlen acél hengerhuzal huzalgyártásra. 1. rész: Általános követelmények
MSZ EN ISO 16120-2:2017	Ötvözetlen acél hengerhuzal huzalgyártásra. 2. rész: Az általános felhasználású hengerhuzal követelményei
MSZ EN ISO 16120-3:2012	Ötvözetlen acél hengerhuzal huzalgyártásra. 3. rész: Csillapítatlan és csillapítatlant helyettesítő kis karbonáttartalmú acél hengerhuzal követelményei
MSZ EN ISO 16120-4:2017	Ötvözetlen acél hengerhuzal huzalgyártásra. 4. rész: A különleges felhasználású hengerhuzal követelményei
MSZ EN ISO 16859-1:2016	Fémek. Leeb-keménységmérés. 1. rész: Mérési módszer (ISO 16859-1:2015)
MSZ EN ISO 17660-1:2007	Hegesztés. Betonacél hegesztése. 1. rész: Teherhordó hegesztett kötések
MSZ EN ISO 17660-2:2007	Hegesztés. Betonacél hegesztése. 1. rész: Nem teherhordó hegesztett kötések
MSZ EN ISO 17892-11:2019	Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 11. rész: Vízáteresztőképességi vizsgálatok (ISO 17892-11:2019)
MSZ EN ISO 18265:2014	Fémek. A keménységi értékek átzámítása (ISO 18265:2013)
MSZ EN ISO 19650-1:2019	Információk rendszerezése és digitalizációja az épületek és a mérnöki létesítmények esetében, beleértve az építményinformációs modellezést (BIM). Információmenedzsment épületinformációs modellezés felhasználásával. Szabványsorozat (ISO 19650-1:2019)
MSZ EN ISO 80000-1:2013	Mennyiségek és mértékegységek. 1. rész: Általános elvek (ISO 80000-1:2009 + Cor 1:2011)
MSZ EN ISO 80000-2:2020	Mennyiségek és egységek. 2. rész: A természettudományokban és technikában használt matematikai jelek és jelképek (EN ISO 80000-2:2013; ISO 80000-2:2009).
MSZ EN ISO 80000-3:2021	Mennyiségek és egységek. 3. rész: Tér és idő (EN ISO 80000-3:2013; ISO 80000-3:2006)
MSZ EN ISO 80000-4:2020	Mennyiségek és egységek. 4. rész: Mechanika (EN ISO 80000-4:2013; ISO 80000-4:2006)
MSZ EN ISO 80000-5:2020	Mennyiségek és egységek. 5. rész: Termodinamika (EN ISO 80000-5:2013; ISO 80000-5:2007)
MSZ EN ISO 80000-11:2021	Mennyiségek és egységek. 11. rész: Jellegzetes számok (EN ISO 80000-11:2013; ISO 80000-11:2008)
MSZ IEC 50(191):1992	Nemzetközi elektrotechnikai szótár. 191. kötet: Megbízhatóság és a szolgáltatás minősége
MSZ ISO 2859-1:2008	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 1. rész: A tételenkénti ellenőrzés átvételi hibaszinttel (AQL) megkülönböztetett mintavételi programjai (ISO 2859-1:1999)
MSZ ISO 2859-1:1999/Amd 1:2020	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 1. rész: A tételenkénti ellenőrzés átvételi hibaszinttel (AQL) megkülönböztetett mintavételi programjai. 1. módosítás (ISO 2859-1:1999)

MSZ ISO 2859-2:2020	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 2. rész: Egyedi tételek ellenőrzésének visszautasítási hibaszinttel (LQ) jelzett mintavételi tervei (ISO 2859-2:2020)
MSZ ISO 2859-3:2007	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 3. rész: Tételkihagyásos mintavételi eljárások (ISO 2859-3:2005)
MSZ ISO 2859-4:2020	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 4. rész: A kinyilvánított minőségszintek értékelési eljárásai (ISO 2859-4:2020)
MSZ ISO 2859-5:2007	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 5. rész: A tételenkénti ellenőrzés átvételi hibaszinttel (AQL) jelzett szekvenciális mintavételi terveinek rendszere (ISO 2859-5:2005)
MSZ ISO 2859-10:2007	Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 10. rész: Bevezetés az ISO 2859, a minősítéses mintavételes ellenőrzés tárgyú szabványsorozathoz. (ISO 2859-10:2006). Visszavont szabvány
MSZ ISO 5725-1:2000	Mérési módszerek és eredmények pontossága (valódiság és precizitás). 1. rész: Általános elvek és meghatározások (ISO 5725-1:1994; ISO 5725-1:1994/Cor 1:1998)
MSZ ISO 7150-1:1992	Az ammónium meghatározása vízben. 1. rész: Manuális spektrofotometriás módszer (ISO 7150-1:1984)
MSZ ISO 8457-2:1993	Acél hengerhuzal. A huzalhúzásra szánt ötvözetlen acél hengerhuzal minőségi követelményei. (ISO 8457-2:1989). Visszavont szabvány
MSZ ISO 10017:2022	Minőségirányítás. Útmutató az ISO 9001:2015-höz alkalmazható statisztikai technikákhoz
MSZ ISO 80000-2:2012	Mennyiségek és egységek. 2. rész: A természettudományokban és technikában használt matematikai jelek és jelképek (EN ISO 80000-2:2013; ISO 80000-2:2009). Visszavont szabvány. Helyettesítő szabvány: MSZ EN ISO 80000-2:2020
MSZ ISO 80000-3:2012	Mennyiségek és egységek. 3. rész: Tér és idő (EN ISO 80000-3:2013; ISO 80000-3:2006). Visszavont szabvány. Helyettesítő szabvány: MSZ EN ISO 80000-3:2021
MSZ ISO 80000-4:2012	Mennyiségek és egységek. 4. rész: Mechanika (EN ISO 80000-4:2013; ISO 80000-4:2006). Visszavont szabvány. Helyettesítő szabvány: MSZ EN ISO 80000-4:2020
MSZ ISO 80000-5:2012	Mennyiségek és egységek. 5. rész: Termodinamika (EN ISO 80000-5:2013; ISO 80000-5:2007). Visszavont szabvány. Helyettesítő szabvány: MSZ EN ISO 80000-5:2020
MSZ ISO 80000-11:2012	Mennyiségek és egységek. 11. rész: Jellegzetes számok (EN ISO 80000-11:2013; ISO 80000-11:2008). Visszavont szabvány. Helyettesítő szabvány: MSZ EN ISO 80000-11:2021
MSZ KGST 292:1976	A megbízhatóság alapvető fogalommeghatározásai. Visszavont szabvány

MSZH 27.	Mélyépítési létesítmények kivitelezése. I. kötet: Építési anyagok és elemek. Munkaeszközök. II. kötet: Építőipari gépek. Kivitelezési és biztonsági előírások. Második átdolgozott kiadás. Magyar Szabványügyi Hivatal 27. sz. szabványgyűjteménye. Budapest, 1967.
Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken:	Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Abteilung Straßenbau. 2011
NBN B 15-225:1984	Essais des bétons. Mesure de la dureté de surface. Indice sclérométrique. (Concrete testing. Determination of hardness of surface. Sclerometric index)
NBN B 15-238:1992	Essais des bétons renforcés de fibres. Essai de flexion sur éprouvettes prismatiques (Tests on fibre reinforced concrete. Bending test on prismatic samples)
NEN 2743:2003	Oppervlak van monolitisch afgewerkte betonvloeren; Uitvoering en kwaliteitsbeoordeling
NF P 18-417:1989 XP	Béton. Mesure de la dureté de surface par rebondissement à l'aide d'un scléromètre
NF P 18-513:2012	Addition for concrete. Metakaolin. Specifications and conformity criteria
NF EN 206-1/NF P18-325-1:2009	Béton. Performances, production, mise en œuvre et critères de conformité. Francia honosított szabvány
NF EN 206:2016	Béton. Spécification, performances, production et conformité
NT-Build 492:1999	Concrete, mortar and cement-based repair materials: Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments. Published by Nordtest. Nordisk Innovations Center. Oslo
ON-NP 10:2002	Zusammenstellung der Prüfverfahren Beton (PVB) gemäß ÖNORM B 3303. Visszavont oszták normatív dokumentum, a helyére lépett normatív dokumentum jelzete: ONR 23303:2010
ONR 23303:2010	Prüfverfahren Beton (PVB) - Nationale Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe. Az ÖNORM B 3303:2002 szabvány és az ON-NP 10:2002 oszták normatív dokumentum utóddokumentuma
ONR 29196-4:2008	Prüfverfahren für Zement. Teil 4: Quantitative Bestimmung der Bestandteile (CEN/TR 196-4:2007)
ÖBRV-Richtlinie:2009	Richtlinie für Recycling-Baustoffe. Gesamtausgabe „Grün“ + „Rot“. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband. 8. Auflage. September 2009. Wien
ÖNORM B 3303:2002	Betonprüfung. Visszavont szabvány, a helyére lépett oszták normatív dokumentum jelzete: ONR 23303:2010
ÖNORM B 3309-1:2010	Aufbereitete, hydraulisch wirksame Zusatzstoffe für die Betonherstellung (AHWZ).
ÖNORM B 3309-2:2010	Teil 1: Kombinationsprodukte (GC/GC-HS) Aufbereitete, hydraulisch wirksame Zusatzstoffe für die Betonherstellung (AHWZ). Teil 2: Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel (GS

	bzw. GS-HS). Nationale Anwendung der ÖNORM EN 15167-1
ÖNORM B 3309-3:2010	Aufbereitete, hydraulisch wirksame Zusatzstoffe für die Betonherstellung (AHWZ) Teil 3: Flugasche für Beton (GF bzw. GF-HS). Nationale Anwendung der ÖNORM EN 450-1
ÖNORM B 4710-1:2007	Beton. Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Normal- und Schwerbeton. Visszavont szabvány
ÖNORM B 4710-1:2018	Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität. Teil 1: Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206 für Normal- und Schwerbeton
ÖNORM B 5017:2000	Hochleistungsbeton im Siedlungswasserbau (HL-SW-Beton). Herstellung, Verwendung und Gütenachweis
ÖNORM EN 206-1:2005	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (konsolidierte Fassung)
ÖNORM EN 12398:1996	Prüfung von Beton. Zerstörungsfreie Prüfung. Bestimmung der Rückprallzahl. A követő szabvány: ÖNORM EN 12504-2:2001
ÖNORM S 5200:2009	Radioaktivität in Baumaterialien
ÖVBB-Richtlinie Faserbeton:2008	Faserbeton. ÖVBB Österreichischer Vereinigung für Beton- und Bautechnik. Bécs, 2008. www.ovbb.at
ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton:2009	Spritzbeton. ÖVBB Österreichischer Vereinigung für Beton- und Bautechnik. Bécs, 2009. www.ovbb.at
ÖVBB-Richtlinie Brandschutz:2015	Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke aus Beton (2015). ÖVBB Österreichischer Vereinigung für Beton- und Bautechnik. Bécs, 2015. www.ovbb.at
Padló MI 01:2015	Esztrichpadozatok. Tervezés, kivitelezés, követelmények. Az EIPÉ Esztrich és Ipari Padló Egyesület és a Burkolástechnika Egyesület műszaki irányelve. http://www.esztrich.org/letoltes/Padlo_MI-01_06.16.pdf
RStO 12	Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. Ausgabe 2012. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
RVS 08.17.02:2011	Technische Vertragsbedingungen. Betondecken. Deckenherstellung. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen). Wien, 2011. Osztrák útügyi előírás. (RVS = Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen; FSV = Österr. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr)
SIA 162:1993	Betonbauten, Norm. Ausgabe 1989, Teilrevision 1993, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 1993.

SIA 262:2003	Betonbau. Norm. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA). Zürich, 2003.
SIA 262/1:2013	Betonbau. Ergänzende Festlegungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SIA 262/1-C2:2016	Betonbau. Ergänzende Festlegungen. Korrigenda C2 zur Norm SIA 262/1:2013. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SIA 262/1:2019	Betonbau. Ergänzende Festlegungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SN 505262/1:2019	SIA 262/1:2019 Betonbau. Ergänzende Festlegungen
SN EN 206+A1:2016	Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (SIA Nummer: 262.051+A1:2016)
SN EN 13670:2009	Ausführung von Tragwerken aus Beton. (SIA Nummer: 262.052:2009)
SS 137003:2002	Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige. Az SS EN 206-1 európai szabvány svéd nemzeti alkalmazási dokumentuma
Technische Baubestimmungen	Historische Baunormen. Umfassende Sammlung historischer Baunormen für Sachverständige und das Bauen im Bestand. DVD. Beuth Verlag GmbH. Berlin, 2018.
TL BetonStB 07	Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. Ausgabe 2007. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TL Gestein-StB 04	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. Ausgabe 2004 / Fassung 2007. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TP BetonStB 10	Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. Ausgabe 2010. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TP Gestein-StB 08	Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau. Ausgabe 2008. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TP Griff-StB (SRT)	Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau. Teil: Messverfahren SRT. Ausgabe 2021. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TSZ 01-2013	Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata és tervezési elvei. Műszaki Szabályzat. Szerzők: Dr. Dulácska Endre – Dr. Korda János – Dr. Körmöczy Ernő. Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata. Budapest, 2013. A TSZ 01-2010 helyett.

TvMI 11.3:2022.06.13.	Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság tűzvédelmi műszaki irányelve. https://katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2022-04/78648.pdf
UNE 83-600:1994	Hormigón y mortero proyectados. Clasificación y definiciones
ÚT 2-3.423:2008	Szigetelés és aszfaltburkolat nélküli Nsz-NT (nagyszilárdságú – nagy-teljesítőképességű) betonból készülő hídfelszerkezetek tervezése és építése. Útügyi műszaki előírás tervezet
ÚT 2-3.601:1991	Útépitési zúzott kőanyag. Visszavont útügyi műszaki előírás
ÚT 2-3.601:1998	Útépitési zúzott kőanyagok. Visszavont útügyi műszaki előírás
ÚT 2-3.601:2006	Útépitési zúzottkövek és zúzottkavicsok. Visszavont útügyi műszaki előírás
ÚT ...	Lásd e-ÚT... a 2009 óta érvényben lévő útügyi műszaki előírások jelzete
Vasúti Hídszabályzat	H.1.SZ. jelű Vasúti Hídszabályzat (1951). I. kiadás. Közlekedésügyi Minisztérium I. Vasúti Főosztálya. Budapest, 1952.
Vasúti Hídszabályzat	Vasúti Hídszabályzat-tervezet. Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium. Budapest. Ideiglenesen használatba véve 1976. augusztus 1-én
Vasúti Hídszabályzat	H.2.Sz. jelű Utasítás vasúti beton és vasbetonhidak építésére. V. átdolgozott kiadás. MÁV Vezérigazgatóság. Közlekedési Dokumentációs Vállalat. Budapest, 1984.
VDI/VDE 2616-1:2012	Härteprüfung an metallischen Werkstoffen. Hardness testing of metallic materials. Richtlinie VDI/VDE
VDI/VDE 2616-2:2014	Härteprüfung an Kunststoffen und Elastomeren. Hardness testing of plastics and elastomers. Richtlinie VDI/VDE
Zement-Merkblatt B 10:	Schwerbeton/Strahlenschutzbeton., 2002.
Zement-Merkblatt B 13:	Leichtbeton. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln, 2014.
Zement-Merkblatt B 19:	Zementestrich. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln, 2016. https://mitglieder.vdz-online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/Zementmerkblaetter/B19.pdf
Zement-Merkblatt B 20:	Zusammensetzung von Normalbeton. Mischungsberechnung. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln, 2017.
ZTV BetonStB 07:2007	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton
ZTV-RISS 93	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen. Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau,

Z-30.3-6:2003

Abteilung Binnenschifffahrt und Wasserstraßen, Deutsche
Bundesbahn. Verkehrsblatt-Verlag. Dortmund, 1993
Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus
nichtrostenden Stählen. Allgemeine bauaufsichtliche
Zulassung. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- A Pallas Nagy Lexikona
Abrams, D. A.: Lásd: Pallas Nagy Lexikona
Design of concrete mixtures. Bull. 1. Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute. Chicago, 1919 és 1925.
- Ackner M. J.: Mineralogie Siebenbürgens, mit geognostischen Andeutungen. Hermannstadt, 1855. és Mineralogie von Siebenbürgen, Hermannstadt, 1847. Az utóbbi digitálisan itt található: <https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb10282860?page=,1>. (Megjegyzés: Hermannstadt = Nagyszeben)
- Adam, Th.: Ein modell zur Beschreibeng der Hydratation von Beton in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt. Akademíai Dissertation. Technische Universität Darmstadt, 2006.
- Adorjányi K.: A nemzeti és az európai szabályozás egységes rendszerének kialakulása az építési anyagok területén. Közúti és Mélyépítési Szemle, 57. évfolyam. 2007. május. 5. szám, pp. 19-23.
- Agricola, G.: De re Metallica Libri XII. Tizenkét könyv a bányásatról és kohásatról (Bázel, 1556). Reprint kiadás. Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1985.
- Andrade, C. – Castellote, M. – Andrea, R. d': Chloride Aging Factor of Concrete Measured by Means of Resistivity. DBMC XII. International Conference on Durability of Building Materials and Components. Porto, Portugal, 2011. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB22516.pdf>
- Ardenne, M. – Musiol, G. – Klemradt, U.: Effekte der Physik und ihre Anwendungen. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch. Frankfurt, 2005. http://www.ciando.com/img/books/extract/3808558067_lp.pdf
- Arneth, W.: Auswertung der Güteprüfungen an Betonprobekörpern und Bohrkernen. Straße und Autobahn. 1956. No. 12. pp. 424-427.
- Arrhenius, S.: On the Reaction Velocity of the Inversion of Cane Sugar by Acids. Zeitschrift für Physikalische Chemie, No. 4, 1889, pp. 226-232 (as translated and published in Margaret H. Back and Keith J. Laidler, 1967, „Selected Readings in Chemical Kinetics” Pergamon, Oxford, 1967).
- Aßbrock, O.: DAfStb Heft 569. Sachstandsbericht. Hüttensandmehl als Betonzusatzstoff. Sachstand und Szenarien für die Anwendung in Deutschland. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH. Berlin, 2007.
- Atrushi, D. S.: Tensile and Compressive Creep of Early Age Concrete: Testing and Modelling. Doctoral Thesis. Trondheim, Norway, 2003.
- Augusztin B. – Pekár Gy.: Betonkeverék egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása. 2. rész: Gyártóüzemi megfigyelések. Beton szakmai lap. XIX. évfolyam. 2011. január. 1. szám, pp. 8-13.
- Árpási I.: A szobi kisvasút és a transzbörzsönyi kisvasúti hálózat kialakulása. 2018. <https://docplayer.hu/136195300-A->

- szobi-kisvasut-es-a-transzborzsonyi-kisvasuti-halozat-kialakulasa.html
- Bakos F. (szerkesztő): Idegen szavak és kifejezések szótára. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1973.
- Balázs Gy. – Erdélyi A. – Weiss Gy.: Tömegbeton. Kézirat. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1968.
- Balázs Gy. (szerkesztő): Építőanyag praktikum. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1983.
- Balázs Gy.: Építőanyagok és kémia. Tankönyvkiadó. Budapest, 1984.
- Balázs Gy.: Energiatakarékos betonszilárdítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1987.
- Balázs Gy.: Építőanyagok minősítése. Fejezet Massányi T. (főszerkesztő) – Dulácska E. (szerkesztő): Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1989. könyvben
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. I. kötet. Alapismeretek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1994.
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. II. kötet. Mélyépítési beton és vasbeton szerkezetek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1995.
- Balázs Gy. – Balázs L. Gy. (szerkesztők): Betonszerkezetek tartóssága. Konferencia-kiadvány. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1996.
- Balázs Gy.: „A beton károsodásának okai fagy és légköri szennyeződések hatására” című fejezet a „Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok” című könyvben (Szerkesztő: Dr. Balázs György és dr. Tóth Ernő), Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1997.
- Balázs Gy. – Balázs L. Gy. – Farkas Gy. – Kovács K.: Beton- és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése. I. kötet. A védelem, a javítás és a megerősítés elvei és módszerei. Egyetemi tankönyv. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1999.
- Balázs Gy.: Barangolásaim a betonkutatás területén. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2001.
- Balázs Gy.: Dr. György László 80 éves. Vasbetonépítés. V. évfolyam. 2003. 1. szám, p. 30.
- Balázs Gy.: Dr. Palotás László élete és munkássága. Emlékkönyv dr. Palotás László születésének 100. évfordulójára. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2004.
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. V. kötet. A kutatás története I. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2004.
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. VI. kötet. A kutatás története II. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2005.
- Balázs Gy.: Különleges betonok és betontechnológiák II. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2009.
- Balázs Gy.: Különleges betonok és betontechnológiák III. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2010.
- Balázs Gy. – Borosnyói A. – Tóth E.: Műegyetemen végzett építőmérnökök és munkásságuk. 1957-1961. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2009.
- Balázs Gy. – Csányi E.: A levegő szennyezettségének hatása a vasbeton tartósságára. Vasbetonépítés. III. évfolyam. 2001. 3. szám, pp. 89-94.

- Balázs L. Gy. – Polgár L.: A szálerősítésű betonok múltja, jelene és jövője. *fib* konferencia-kiadvány. Szerkesztette: Balázs L. György. pp. 1-23. Budapest, 1999.
- Balázs L. Gy. (szerkesztő): Szálerősítésű Betonok – a kutatástól az alkalmazásig. A *fib* Magyar Tagozata által rendezett konferencia-kiadványa. Budapest, 1999. március 4.-5.
- Balázs L. Gy.: Szerkezetek megerősítése szénszálas anyagokkal. Hazai tapasztalatok. Vasbetonépítés. I. évfolyam. 1999. 4. szám, pp. 114-122.
http://www.fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb1999_4.pdf
- Balázs L. Gy.: A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) tevékenysége. Vasbetonépítés. V. évfolyam. 2003. 2. szám, pp. 34-35.
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betonkészítés beton és téglahulladék újrahasznosításával. 1. rész: Újrahasznosított adalékanyagok. Vasbetonépítés. IX. évfolyam. 2007. 2. szám, pp. 38-44. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2007_2.pdf); 2. rész: Betontervezés és betontulajdonságok. Vasbetonépítés. IX. évfolyam. 2007. 4. szám, pp. 106-116. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2007_4.pdf)
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betonok fagy- és olvasztósó-állóságának vizsgálata és követelmények. 1. rész: Értelmezés. Vasbetonépítés. X. évfolyam. 2008. 4. szám, pp. 127-135. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2008_4.pdf); 2. rész: Vizsgálat. Vasbetonépítés. XI. évfolyam. 2009. 2. szám, pp. 55-65. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2009_2.pdf)
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Vízáró beton és vizsgálata. Vasbetonépítés, XII. évfolyam. 2010. 2. szám, pp. 47-57. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2010_2.pdf)
- Balázs L. Gy. – Kausay T. – Erdélyi A. – Zsigovics I. – Nehme, S. G. – Arany P. – Kopecskó K. – Csányi E.: Cementek felhasználhatósági köre az MSZ 4798:2016 környezeti osztályainak megfelelően. Kutatás-fejlesztési tanulmány. Kézirat. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. Regisztrációs szám: 37783-003-ÉA/2009. Budapest, 2010. július 31.
- Balázs L. Gy. – Kausay T. et al.: Betonok oldódásos korróziója. Irodalmi áttekintés. 1. rész: A vizek és folyadékok kémhatása, keménysége, agresszív széndioxid-tartalma. Vasbetonépítés. 2017. XIX. évfolyam. 3. szám. pp. 46-59. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2017_3/Vb2017_3_pp46-59.pdf)
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betontípusok, fogalmak, jelölések, újdonságok. Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:216/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. 1. rész: Szabványosítás, a betonszabványok változása 2014 és 2018 között. Vasbetonépítés. 2018. XX. évfolyam. 1. szám, pp. 16-22. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2018_1/vb2018_1-4.pdf)

- Balázs L. Gy. – Kausay T. et al.: Betonok oldódásos korróziója. Szakirodalmi áttekintés. 2. rész: A cement kötőanyagú betonok agresszív, szerves anyagok okozta oldódásos fizikai, kémiai korróziója. Vasbetonépítés. 2019. XXI. évfolyam 3. szám. pp. 58-69. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2019_3/Vb2019_3_oldodasos%20resz.pdf)
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betontípusok, fogalmak, jelölések, újdonságok. Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:216/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. 2. rész: Betonok szabványos jelölése, betontermék, bedolgozási konzisztencia, betontechnológiai munkaterv. Vasbetonépítés. 2019. XXI. évfolyam. 4. szám, pp. 97-110. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2019_4/Vb2019_4_beton szabvany%20resz.pdf)
- Balázs L. Gy. – Sajtos I. – Bódi I.: Pier Luigi Nervi. Forma és szerkezet szintézise. Vasbetonépítés. XVII. évfolyam. 2015. 4. szám, pp. 2-4.
- Balázs L. Gy. – Sólyom S. – Kardos G. – Pető L. – Dubrovsky G.: Szénszál erősítésű feszített U-keresztmetszetű tartó fejlesztése a Ferrobeton Zrt.-nél. Beton. XXX. évf. 2022. 6. szám.
- Balogh A. – Dukáti F.: Megbízhatósági vizsgálatok Weibull-eloszláson alapuló mintavételi eljárásai és tervei. Híradástechnika. 24. évfolyam. 1973. 1. szám, pp. 1-8.
- Barabás F.: Új kőbányaüzemek telepítésének irányelvei. Fejezet „A kőbányászati kézikönyv” I. kötetében. pp. 110-119. (Ozori szerk., I. kötet, 1955)
- Baranyay-Horváth M.: Betonacélok. Új betonacél minőségek. Kézirat. A Mérnöki Továbbképző Intézet 4182. előadássorozatából. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1963.
- Bargähr, R.: Baustoffe. Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Einführung in das Merkblatt SIA 2018. Fejezet a SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein D 0211 számú dokumentációjában, pp. 45-51. Zürich, 2005.
- Bargel, H.-J. – Hilbrans, H. – Hübner, K.-H. – Krüger, O. – Schulze, G.: Werkstoffkunde. 9. bearbeitete Auflage. Springer-Verlag. Berlin, 2005.
- Bartos, P. J. M.: An appraisal of the Orimet test as a method of on-site assessment of fresh SCC concrete. In: Proceeding of the International Workshop on self-compacting concrete. pp. 121-135. Kochi, Japan. 1998.
- Bartos, P. J. M.: Testing-SCC: Towards new European Standards for fresh SCC. First International Symposium on Design, Performance and Use of Self-Consolidating Concrete. SCC'2005 China. In: Proceedings PRO 42. RILEM Publications s.a.r.l. pp. 25-44. Bagneux, France, 2005.
- Bartus A.: Portlandcement- trász- és portland-románcement-beton szilárdsága. Vízügyi Közlemények. II. évf. 1912. május-június. pp. 225-227. Pallas Részvénytársaság nyomdája.
- Basten, M. et al.: Zementrohstoffe in Deutschland. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V., Köln, Verein Deutscher Zementwerke e. V. Düsseldorf 2002.

- Bayer, V.: Multivariate Modellierung operationeller Risiken in Kreditinstituten. Dissertation Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 2011.
- Bálint J.: Szálerősítésű betonok és mikrobetonok a technológus szemével. *fib* konferencia-kiadvány. Szerkesztette: Balázs L. György. pp. 122-135. Budapest, 1999.
- Bálint T.: Zúzalékok szemalakjának kézbentartása. I. Építőanyag. 24. évfolyam. 1972. 7. szám. pp. 246-250.
- Bálint T.: Zúzalékok szemalakjának kézbentartása. II. Építőanyag. 24. évfolyam. 1972. 8. szám. pp. 296-301.
- Bárczy B.: Differenciálszámítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1977.
- Bárdossy K. – Zsoldos B. Z.: Bauxitbeton régen és most. TDK-dolgozat. BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék. Budapest, 2012.
- Bährner, V.: Report on consistency tests on concrete made by means of the Vebe consistometer. Report No. 1. Joint Research Group on Vibration of Concrete. Svenska Cementforeningen, March 1940.
- Beck, M. – Hofer, M.: Chemischer und Biochemischer Sauerstoffbedarf. VSA (Fachverband für Wasser in der Schweiz) Klärwärterschulung. Glattbrugg, 2005, 2011. <http://vsa.labeaux.ch/>
- Beer Gy. – Kiss T. – Párkány M-né: Fémismeret és gyártástechnológia. 1. Fémismeret. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat. Budapest, 1968.
- Beke B.: Aprításelmélet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1963.
- Bellander, U.: Concrete strength In finished structures. Swedish Cement
- Benedek D.: A kő- és kavicsbányászat 25 éves fejlődése. Kohászati és Bányászati Lapok, Bányászat. 103. évfolyam. 12. szám. 1970. december. pp. 793-810.
- Benedix, R.: Bauchemie. Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten. 4. Auflage. Studium. Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden, 2008.
- Bereczky E. – Reichard E.: A magyar cementipar története. SZIKKTI – CEMŰ. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1970.
- Berei A. (szerkesztő): Új Magyar Lexikon. Hetedik kiadás. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1962.
- Berger, J. O.: Statistical decision theory and Bayesian analysis. 2. edition. Springer series in statistics. New York, 1985.
- Bergmann, H. W.: Konstruktionsgrundlagen für Faserverbundbauteile. Springer Verlag GmbH. Berlin – Heidelberg – New York, 1992.
- Bergmeister, K.: Kohlenstofffasern im Konstruktiven Ingenieurbau. Bauingenieur-Praxis. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2003.
- Bergmeister, K. – Wörner, J.-D. – Fingerloos, F.: Konstruktiver Hochbau, Aktuelle Massivbaunormen. Beton-Kalender 2009. Teil 1, pp. 54-56. és 64-65. Jahrgang 98. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2009.
- Bergmeister, K. – Cordes, T. – Lun, H. – Murr, R. – Reichel, E.: Beton unter hoher Temperaturbeanspruchung. Brandschutz und Rettungssysteme in Tunneln. Beton-Kalender 2018. Band

- 2., pp. 513-556. Jahrgang 107. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2018.
- Bermann M.: A scleroscop. Kazán- és Gép-Ujság. IX. évfolyam. 2. szám. 1910. január 16. pp. 14-16. (<https://adt.arcanum.com/hu/>)
- Bertram, A.: Vorlesungsmanuskript zur Festigkeitslehre I + II. Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Mechanik, Lehrstuhl für Festigkeitslehre. Magdeburg, 2007.
- Beton-Kalender 1991: Schriftleitung J. Eibl, Karlsruhe, Teil II, pp. 263. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1991.
- Biczók E.: Fázismozgások a talajban. In Mérnöki Kézikönyv. I. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1985. 5.2. fejezet. pp. 772-781.
- Biczók I.: Betonkorrózió, betonvédelem. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1956.
- Biczók, I.: Betonkorrosion, Betonschutz. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1960.
- Bilgeri, P. – Eickschen, E. – Felsch, K. – Klaus, I. – Vogel, P. – Rendchen, K.: Verwendung von CEM II- und CEM III-Zementen in Fahrbahndeckenbeton. BetonInformationen, 2007. No. 2., pp. 15-31.
- Bíró A.: Földművek, földmunkák II. Előadás weboldalon. 2016. <https://slideplayer.hu/slide/8099422/>
- Bischof, S.: Merkblatt Betonerosion in Biologiebecken von ARA. Erläuterungen. A Betonsuisse Bernben, 2010-ben tartott „Betonerosion in Biologiebecken von ARA” konferenciáján elhangzott előadás vetített képei: http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerosion_in_ara/index.html?lang=de
- Blessing, E.: Ausführung, Instandhaltung und Sanierung mit Beschichtungssystemen. Gewässerforum in Hildesheim, 2008.
- Bliefert, C.: Umweltchemie. Wiley-VCH Verlag GmbH. Weinheim, 2002.
- Bloem, D. L.: An investigation into the measurement of concrete strength. Cement, Lime and Gravel, 1965. nov. p. 391.
- Bodó L.: Betonacélok és feszítőhuzalok feldolgozása. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1967.
- Bodó L.: Betonacél a vasbeton szerkezetekben. ÉTK. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1985.
- Bojtár I. szerkesztő): A szilárdságtan nagy tudósai. Dolgozatok a világhálón, évszám nélkül
- Bojtár I.: Mechanikai anyagmodellek: képlékeny, illetve időfüggő anyagi viselkedés modellezése. BME, 2010. http://www.epito.bme.hu/me/oktatas/feltoltesek/BMEEOT_MMST1/mechanika_msc-hatodik_het.pdf
- Bollmann, K.: Ettringitbildung in nicht wärmebehandelten Betonen. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus-Universität Weimar, 2000.

- Bollmann, K. – Lyhs, P.: Hüttensandhaltiger Zement für Betonfahrbahndecken – CEM II/B-S 42,5 N (st). BetonInformationen. 2005. No. 5, pp. 91-100.
- Bonneval, D.: Kostenoptimale Verfahren in der statistischen Prozeßkontrolle. Eine praxisorientierte Untersuchung. Physica-Verlag Heidelberg. Heidelberg, 1989.
- Bonzel, J.: Zur Gestaltsabhängigkeit der Betondruckfestigkeit. Beton und Stahlbetonbau. 54. 1959. Heft 9/10.
- Bonzel, J.: Über die Spaltzugfestigkeit des Betons. beton. Jg. 14. (1964) Heft 3., pp. 108-114. és Jg. 14. (1964) Nr. 4., pp. 150-157.
- Bonzel, J.: Der Einfluß des Zements, des W/Z-Wertes, des Alters und der Lagerung auf die Wasserundurchlässigkeit des Betons. Nach einem Vortrag auf der technisch-wissenschaftlichen Zementtagung 1965 in Berlin. Betontechnische Berichte. 1966.
- Bonzel, J. – Dahms, J.: Über den Wasseranspruch des Frischbetons. beton. Jg. 28. (1978) Heft 9. pp. 331-336, Heft 10. pp. 362-367., Heft 11. pp. 413-416.
- Bonzel, J. – Siebel, E.: Fließbeton und seine Anwendungsmöglichkeiten. Vortrag auf der Technisch-wissenschaftlichen Zementtagung am 14.9.1973 in München, <https://www.vdz-online.de>
- Borján J.: Roncsolásmentes betonvizsgálatok. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1981.
- Boromisza T.: A talajstabilizáció hazai alkalmazása. Mérnöki Továbbképző Intézet. Budapest, 1963.
- Borosnyói A. – Kausay T. – Liptay A. – Szabó I. – Tápai A.: A betonipar, technológia és tudomány fejlődése 1999-2008 között. Építőanyag. 61. évfolyam. 2009. 3. szám. pp. 67-71.
- Bortkiewicz, L.: Variationsbreite und mittlerer Fehler. Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft. No. 27. pp. 3-33. Berlin, 1922.
- Bosseler, B. – Puhl, R.: Beschichtungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten. IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur. Gelsenkirchen, 2005.
<http://www.baufachinformation.de/kostenlos.jsp?sid=F4628D6CDFS5501328175E4F1D301F2B&id=2006059017029&link=http%3A%2F%2Fwww.ikt.de%2Fdown.php%3Ff%3D1>
- Box, G. E. P. – Tiao, G. C.: Bayesian inference in statistical analysis. Reading, Mass.: Pub. Co, 1973..
- Böhme, E. P.: Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, spezifisches Gewicht, Wasseraufnahme und Abnutzbarkeit. Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 10 (5), 1892, pp. 188-229.
- Bölskei E. – Szalai K.: A bauxitbeton szerkezetek felülvizsgálata. Magyar Építőipar. 1968. XVII. évfolyam. 4. szám, pp. 193- 200.
- Bölskei E. – Szalai K.: Bauxitbeton építmények teherbírási tartaléka I. és II. rész. Magyar Építőipar. 1969. XVIII. évfolyam. 9-10. szám, pp. 465-638.

- Bölskei E. – Dulácska E.: Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- Bölskei E. – Tassi G.: Vasbeton szerkezetek, feszített tartók. Tankönyvkiadó. Budapest, 1980.
- Böröcz I. szerkesztő): Feszített betonszerkezetek. I.-II. kötet. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1953.
- Braasch, T.: Herabsetzung des Risikos einer Rissbildung abschnittsweise hergestellter Brückenüberbauten aus Beton. Dissertation, Hameln, Juni 2004.
- Braml, Th.: Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Massivbrücken auf der Grundlage der Ergebnisse von Überprüfungen am Bauwerk. Dissertation. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München. München, 2010.
- Branco, A. F. – Brito, J.: Handbook of Concrete Bridge Management. American Society of Civil Engineers. 2004.
- Brandestini, M.: Hammerevolution. TEC 21. 33-34/2010, pp. 27-29.
- Brauer, N. et al.: DAfStb Heft 619. Sachstandbericht. Bauen im Bestand. Teil II: Bestimmung charakteristischer Betondruckfestigkeiten und abgeleiteter Kenngrößen im Bestand. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2017.
- Breit, W. – Ladner, E. M. – Krams, J.: Nachweis der Verschleißbeständigkeit von Parkhausbeschichtungssystemen unter realitätsnahen Prüfbedingungen. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart, 2015. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/15059013586.pdf>
- Breit, W. – Merkel, M.: DAfStb Heft 634. Vergleichende Untersuchung zur Rückprallhammerprüfung bezogen auf R- und Q-Werte. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2019.
- Breitenbücher, R.: Instandsetzung und Ertüchtigung von Massivbauwerken durch den Einsatz von Feinzementen. Darmstädter Massivbau-Seminar. Band 12. Unterhaltung von Ingenieurbauwerken. Darmstadt, 1994.
- Breitenbücher, R.: Spezielle Anforderungen an Beton im Tunnelbau. Beton-Kalender 2014. Band 1. pp. 393-422. Verlag Ernst & Sohn. Berlin 2014.
- Briehl, H.: Chemie der Werkstoffe. 3. Auflage. Springer Vieweg. Wiesbaden, 2014.
- Brinell, J. A.: Ein Verfahren zur Härtebestimmung nebst einigen Anwendungen desselben. Baumaterialienkunde. Jahrgang 5. 1900.
- Brønsted, J. N.: Einige Bemerkungen über den Begriff der Säuren und Basen. Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas. Band 42. Nr. 8. 1923, pp. 718–728,
- Brunauer, S. – Emmett, P. H. – Teller, E.: Absorption of gases in multimolecular layers. Journal of the American Chemical Society. 1938. Vol. 60, pp. 309.
- Buday T.: Betonadalékszerek. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1999.
- Bunke, N. (szerkesztő): DAfStb Heft 422. Prüfung von Beton. Empfehlungen und Hinweis als Ergänzung zu DIN 1048. Deutscher Ausschuss

- für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Köln, 1991.
- Burchartz, H.: Mitteilungen der Königlichen Versuchsanstalten in Berlin, 1903. év 3. füzet
- Burucs Z.: Vízvédelem. Kempelen Farkas Hallg. Inf. Központ. 2011. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_fejlodes/ch07.html#id510283
- Cambridge Enciklopédia:
Caspee, R. – Taerwe, L.: Lásd: Crystal, D.
Combined production and conformity control of concrete with acceptance cusum control charts. P.H.A.J.M. Van Gelder, D. Proske & J.K. Vrijling (Eds.), Proc. 7th International Probabilistic Workshop, 25-26 November 2008, Delft, The Netherlands, 2009, pp. 73-86.
- CEMBETON Útmutató: Kiadó: Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség. Budapest, 2017. https://www.cembeton.hu/userfiles/web-cembeton_zsebkonyv_jo-isbn.pdf
- Chen, J. J. – Thomas, J. J. – Jennings, H. M.: Decalcification shrinkage of cement paste. Cement and Concrete Research. 36. pp. 801-809. 2006. doi:10.1016/j.cemconres.2005.11.003
- Chen, R. L.: Behavior of High-Strength Concrete in Biaxial Compression. Ph Dissertation, University of Texas, Austin, 1984.
- Chudoba, Th.: Mechanische Charakterisierung dünner Schichten. Sent, Surface Engineering und Nanotechnologie. Dresden, 2004.
- Clifton, J. R.: Predicting the service life of concrete. ACI Material Journal. No. 6. Vol. 90. 1993, pp. 611-617.
- Concrete Society: Concrete core testing for strength. Report No. 11. London, 1976.
- Crank, J.: The mathematics of diffusion. Second Edition. Clarendon, Oxford, 1975.
- Crystal, D. (szerkesztő): Cambridge Enciklopédia. I. – II. kötet. Második kiadás. Maecenas Könyvek. Budapest, 1997.
- Curbach, M. – Scheerer, S. – Speck, K. – Hampel, T.: DAfStb Heft 578. Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH. Berlin, 2011.
- Czakó M.: A portlandcement kémiai elemzése. Anyagvizsgálók Közlönye. XI. évfolyam. 1933. pp. 37-43.
- Czakó M.: A fémek előállítás. III./2. fejezet „A természet világa. VI. A kémia és vívmányai. Második rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdély-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 7-23. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Czernin, W.: Über die Schrumpfung des erhärteten Zements. Zement-Kalk-Gips. Jg. 9. 1956. No. 12.
- Czernin, W.: Zementchemie für Bauingenieure. 3. Auflage. Bauverlag GmbH. Wiesbaden und Berlin, 1977.
- Czoboly O.: A keverési idő és a keverési mód hatása a szálak és a szálerősítésű betonok jellemzőire. PhD. értekezés. BME Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Budapest, 2016.

- Czoboly O. – Gál A. – Csókás E.: Miért kell a próbatestekre különösebb hangsúlyt fektetni? Beton szakmai lap. 2018. december. XXVI. évfolyam. VI. szám, pp. 14-15.
- Czuczor G. – Fogarasi J.: A magyar nyelv szótára. Emich Gusztáv magyar akadémiai nyomdásznál, Pesten, 1862 és 1874 között. E hatkötetes műből kiindulva állította össze Jankovicsné Tálás Anikó az „Etimológiák, szóelemzések a Czuczor-Fogarasi szótárból” című könyvet, amelyet a Tinta Könyvkiadó Budapesten, 2010-ben jelentetett meg.
- Csereháti Z.: Az outlierok meghatározása és kezelése gazdaságstatisztikai felvételekben. Statisztikai Szemle. 82. évfolyam. 2004. 8. szám. pp. 728-746.
- Csonka P.: Bevezetés a vasbetonszerkezetek szilárdságtanába. Fejezet „A vasbeton” (Szerkesztette: Dr. Palotás László, Magyar Építőmesterek Egyesülete, Budapest, 1947.) című könyvben, pp. 3-69.
- Csorba G.: Ipari padló egypercesek. Betontechnológiai egypercesek. Beton szakmai havilap. 2012 – 2022. <https://www.betonujsg.hu/lapszamok/cikk/>
- Csorba G.: Iparipadló egypercesek. A térbetonok világa. 1., 2. és 3. rész. 2013. szeptember, október és november <https://iparipadlo.blogspot.com/2013/10/a-terbetonok-vilaga-1,-2-es-3.html>
- DAfStb Heft 173. (1965): Lásd: Hilsdorf, H. K.
- DAfStb Heft 206. (1969): Lásd: Rüsch, H. – Sell, R. – Rackwitz, R.
- DAfStb Heft 229. (1973): Lásd: Kupfer, H.
- DAfStb Heft 397. (1989): Lásd: Rußwurm, D.
- DAfStb Heft 505. (2000): Lásd: Meißner, M.:
- DAfStb Heft 506. (2000): Lásd: Müller, Ch. – Dora, Bernd
- DAfStb Heft 507. (2000): Lásd: Zilch, K. – Roos, F.
- DAfStb Heft 508. (2000): Lásd: Wörner, J-D. – Moerland, P. – Giebenhain, S. – Kloft, H. – Leiblein, K
- DAfStb Heft 510. (2000): Lásd: Gehlen, Ch.
- DAfStb Heft 516. (2001): Lásd: Grube, H. – Dehn, F.; Grübl, P. – Lemmer, C.; Hillemeier, B. – Buchenau, G.; Müller, H. S. – Mechtcherine, V.
- DAfStb Heft 555. (2006): Lásd: Iványi, Gy. (szerk.)
- DAfStb Heft 560. (2005): Lásd: Siebel, E. et al.
- DAfStb Heft 561. (2008): Lásd: Schmidt, M. – Bunje, K. – Dehn, F. et al.
- DAfStb Heft 569. (2007): Lásd: Aßbrock, O.
- DAfStb Heft 570. (2007): Lásd: Fontana, P.
- DAfStb Heft 577. (2010): Lásd: Müller, H. S. – Guse, U.
- DAfStb Heft 578. (2011): Lásd: Curbach, M. – Scheerer, S. – Speck, K. – Hampel, T.
- DAfStb Heft 601. (2012): Lásd: Schießl, P. et al., Isecke, B. et al.; Raupach, M. et al.; Osterminski, K. et al.
- DAfStb Heft 602. (2012): Lásd: Müller, H. et al.; Fischer, Ch. et al.; Osterminski, K. et al.; Greve-Dierfeld, v. S. et al.
- DAfStb Heft 604. (2013): Lásd: Spörel, F.
- DAfStb Heft 607. (2013): Lásd: Kapteina, G
- DAfStb Heft 616. (2016): Lásd: Schnell, J. – Zilch, K. – Dunkelberg, D. – Weber, M.

- DAfStb Heft 618. (2017): Lásd: Marx, S. – Grünberg, J. – Hansen, M. – Schneider, S.
- DAfStb Heft 619. (2017): Lásd: Brauer, N. et al.
- DAfStb Heft 620. (2016): Lásd: Gerlach, J. – Lohaus, L.
- DAfStb Heft 622. (2016): Lásd: Greve-Dierfeld, S. M. v.
- DAfStb Heft 632. (2019): Lásd: Schnell, J. – Weber, M.
- DAfStb Heft 634. (2019): Lásd: Breit, W. – Merkel, M.
- Dahme, U.: Chlorid in karbonatisierendem Beton. Speicher- und Transportmechanismen. Mitteilungen aus dem Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft, Universität Duisburg – Essen. Heft. 12. Cuvillier Verlag Göttingen. Göttingen, 2006.
- Dahms, J. – Rendchen, K.: Über das Abgleichen der Druckflächen von Würfeln und Zylindern aus Beton. vdz. Betontechnische Berichte. 1975.
- Davidovits, J.: Geopolymer. Man-made rock geosynthesis and the resulting development of very early high strength cement. Journal of Materials Education 16. 1994. pp. 91–139.
- Davis, R.: Flow of concrete under sustained compressive stress, Proc. Am. Concrete Inst. 1928. No. 24. pp. 303-335.
- DBV Deutscher Beton-Verein: Beton-Handbuch. Leitsätze für Bauüberwachung und Bauausführung. 3., neubearbeitete Auflage. DBV Deutscher Beton-Verein, Wiesbaden, 1995.
- Dehn, F. – Koenders, E. A. B.: Proceedings I. International RILEM-Workshop „Concrete Spalling due to Fire Exposure”. Leipzig, 2009.
- Dehn, F. – Nause, P. – Juknat, M. – Orgass, M. – König, A.: Brand- und Abplatzverhalten von Fasernbeton in Straßentunneln. Schlussbericht. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 73. Bergisch Gladbach, 2010. https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/213/file/B_73.pdf
- Dehn, F. – König, A. – Herrmann, A.: Alkalisch-aktivierte Bindemittel und Geopolymer-Bindemittel als Alternative zu Zement. 12. Tagung Betonbauteile – Neue Herausforderungen im Betonbau. Konferencia-kiadvány, Leipzig, 2017. pp. 155-169. <https://www.researchgate.net/publication/315118261>
- Deshayes, V.: Note sur les rapports existant entre la composition chimique et les propriétés mécaniques des aciers.
- Annales des Mines. Éditeur Dunod. Septième Série. Tome XV. Paris, 1879. pp. 326-373. <https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb11390800?q=deshayes&page=332>
- Bulletin de la Société Chimique de Paris. Éditeur: G. Masson. Tome XXXI. No. 2. 1879. pp. 166-186. és 205-229. <https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb11387559?q=Deshayes&page=176>
- DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität: Methoden zur Ermittlung geeigneter AQL-Werte. 4. Auflage. Beuth Verlag. Berlin, 1990.
- Diamond, S.: Proceedings of the Fifth International Symposium on the Chemistry of Cement. Part III. Tokió, 1968.
- Dillmann, R.: Instandsetzungsmaßnahmen an Betonbauwerken für abwasserberührte Bauwerke. Krefelder Planertag

- 31.10.2007. http://www.guep.de/images/content/1195125348_Dillmann_Vortrag.pdf
- Dinges, T.: The history of prestressed concrete: 1888 to 1963. MSc. záróvizsga-dolgozat. Kansas State University. Manhattan, Kansas, 2009.
- Dodge, H. F.: Notes on the Evaluation of Appentance Sampling Plans. American Sotiety of Quality Control. Milwaukee, USA, 1973.
- Dodge, H. F. – Romig, H. G.: Sampling Inspection Tables. Single and Double Sampling. Second Edition (Revised and Expanded), 1959. Reprint. Wiley Classics Library. New York, 1998.
Megjegyzés: A könyvben bemutatott táblázatokat a Bell Telephone Laboratories és a Western Electric Company dolgozta ki. A Bell Telephone-féle táblázatok a *The Bell System Technical Journal* című szakfolyóiratban 1941. januárban jelentek meg. A táblázatokat könyvalakban először 1944-ben, másodszor 1959-ben adták ki; a reprint kiadásban ez utóbbiak találhatók.
- Dodd, E. L.: The greatest and the least variate under general laws of error. Trans. Amer. Math. Soc. 25. 1923. pp. 525-539.
- Dolezsai K. – Pauka I.: Cementgyártás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1964.
- Domanovszky S.: Hegesztett acélszerkezetek tervezése, gyártása és szerelése. Gépipari Tudományos Egyesület. Budapest, 1977.
- Dombi J.: Termódifferenciális betonhőérlelés. SZIKKTI 27. sz. tudományos közleménye. ÉTK. Budapest, 1968.
- Dombi J.: Vízáró beton. SZIKKTI 29. sz. tudományos közleménye. ÉTK. Budapest, 1969.
- Dombi J.: Acélszál-erősítésű nagyátmérőjű SIOME betoncsövek teherbírása. SZIKKTI 50. sz. tudományos közleménye. SZIKKTI. Budapest, 1977.
- Dombi J.: Építőanyagok szilárdsága és szilárdságvizsgálata. 1. Nyomószilárdság. SZIKKTI 61. sz. tudományos közleménye. SZIKKTI. Budapest, 1979.
- Dornauer, H.: Vergleichende Untersuchungen der Würfeldruckfestigkeit und der Zylinderdruckfestigkeit von Beton. Veröffentlichung in Vorbereitung. 1991. Más forrás szerint: IBR Institut für Bautechnologie GmbH, Ratingen
- Dubbel, H. (kiadó): Taschenbuch für den Maschinenbau. Erster Band. Siebente Auflage. Springer Verlag GmbH. Berlin – Heidelberg, 1939.
- Dulácska E.: Az acélszál-erősítésű betonszerkezetek méretezési kérdései. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle. 44. évfolyam. 1994. 7. szám, pp. 263-274.
- Dulácska E.: Az acélszál erősítésű beton és vasbeton méretezéselmélete. In: Szálerősítésű betonok – kutatástól az alkalmazásig. Konferencia-kiadvány. fib Magyar Tagozata. Szerkesztette: Balázs L. György. Budapest, 1999. pp. 194-213.

- Dunaferr: Dunaferr Dunai Vasmű krónika. A Vasmű alapításának 50. évfordulójára készült album. Összeállította és szerkesztette a szerkesztőbizottság (elnöke: Horváth István). Dunaújváros, 2000.
- Ebbing, Darell D. – Gammon, Steven D.: General Chemistry. 9 th. Houghton Mifflin Company. Boston – New York, 2009.
- Egmond, van, B. – Jacobs, F.: Gewichtete Reife des Betons. TFB Cementbulletin, Jg. 67., 1999., H. 11, pp. 1-7.
- Egyetemes Magyar Encyclopedia. Harmadik kötet. Szent István Társulat. Emich Gusztáv Magy. akad. nyomdász. Pesten, 1861. Lásd például: Arcanum Digitális Tudománytár <https://adt.arcanum.com/hu/>
- Eichler, W-R.: Microsilica in der Anwendung aus der sicht eines Baustoffchemikers. Microsilica in der modernen Betontechnologie. Konferencia-kiadvány, Konstanz, pp. 71 – 78. Elkem GmbH, Allensbach, 1991.
- Eick, H.: Über die Calciumaluminatsulfhydrate. Zement-Kalk-Gips. 1964. Heft 5, pp. 169-171.
- Eimer, D.: Rheologische Festigkeitstheorien und ihre Anwendung auf Beton. Übersetzung aus Rozprawy Inzynierskie, Varsó. Band 4. 1963. Heft 11, pp. 567-588.
- Engel T.: Műtárgyak 3P műgyanta bázisú felületvédelme. Műanyag és Gumi. 41. évf. 2004. 8. szám. pp. 336-340.
- Engelhardt, A.: Crashkurs Statistik. A szerző saját kiadása. Printed in Poland by Amazon Fulfillment. Wroclaw, 2020.
- Engelhardt, V. J. K.: Über Herstellung von Stahl im elektrischen Ofen. Vortrag, gehalten den 8. Februar 1905. Forrás: <https://docplayer.org/66200775-Herstellung-von-stahl-im-elektrischen-ofen.html>
- Eötvös L.: A folyadékok felületi feszültségeinek összefüggése a kritikus hőmérséklettel. Matematikai és Természettudományi Értesítő. 3. kötet. Budapest, 1884-1885.
- Erdey B.: A magy. kir. vasútépítészeti igazgatóság által vasúti fahidakra nézve kiadott szabványtervekről. Magyar Mérnök-Egyesület Közlönye. 5. évfolyam. 1871. 2. szám, pp. 57-67.
- Erdey L. – Paulik F. – Paulik J.: Differenciál-termogravimetria. A Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Tudományok Osztályának Közleményei. 7. kötet. MTA. Budapest, 1956. pp. 55-89.
- Erdey-Grúz T.: A szilícium és a szilikátok. II./19. fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai. Első rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 335-339. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Erdey-Grúz T.: Az alkáli-földfémek és vegyületeik. III./5. fejezet „A természet világa. VI. A kémia és vívmányai. Második rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 52-61. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.

- Erdely-Grúz T.: A vas és a vele rokon elemek. III./15. fejezet „A természet világa. VI. .A kémia és vívmányai. Második rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdely-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 113-122. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Erdély I.: Félkész- és készgyártmányok tárolása. Fejezet „A kőbányászati kézikönyv” II. kötetében. pp. 316-333. (Ozorai szerk., II. kötet, 1954)
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok reológiai tulajdonságai. Feszített beton konferencia, II. Budapest, 1965. október 6-8.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok reológiai vizsgálatának újabb eredményei. Mélyépítéstudományi. Szemle. 1966. 6. szám, pp. 276-281.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok minősítése reológiai szempontból. Mélyépítéstudományi Szemle, 1967. 4-5 szám, pp. 162-168.
- Erdélyi A.: Tömegbetonok tervezése. In: Balázs Gy. – Erdélyi A. – Weiss Gy.: Tömegbeton. Kézirat. Mérnöki Továbbképző Intézet előadássorozatából: 4605. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1968.
- Erdélyi A.: Különböző alakú és nagyságú, öntött és fűrt próbatestek nyomószilárdságának átszámítása. Mélyépítéstudományi Szemle. XIX. évfolyam. 1969. 1. szám, pp. 35-41.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok relaxációjának extrapolálása 10 ezer órás vizsgálatokból és kohászati tényezők hatása a relaxációra. BME Építőanyagok Tanszék Tudományos Közlemények, 2. szám, (Szerkesztő: Kilián József) 1970, pp. 82-102. KÖZDOK
- Erdélyi A.: Összefüggés a feszítőhuzalok relaxációjának extrapolálhatósága és a gyártástechnológia jellemzők közt. Mélyépítéstudományi Szemle. 1971. 1. szám, pp. 24-31.
- Erdélyi A. – Czeglédi Gy.: A feszítő huzalok betongőzölés okozta relaxációjának várható értékei. Mélyépítéstudományi Szemle. 1973. XXIII. kötet. 7. szám, pp. 316-325.
- Erdélyi A.: A beton gőzérlelése okozta feszítési veszteségek (Relaxáció és lazulás). Mélyépítéstudományi Szemle. XXVIII. 1978. 3. szám, pp. 97-104.
- Erdélyi A.: A relaxációs veszteségek számítási értékei. BME Építőanyagok Tanszék Tud. Közlemények, 34. szám, pp. 128-143. 1982. KÖZDOK
- Erdélyi A.: „Beton és habarcskiegészítő anyagok” című fejezet az „Építőanyag praktikum” című könyvben (szerkesztette: Dr. Balázs György), pp. 181-210., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- Erdélyi A.: A feszítőbetétek relaxációjának számítási értékei. Kandidátusi értekezés (megvédve: 1984. december 6.)
- Erdélyi A.: „Légpórusrendszer és betontartósság” című fejezet a „Betonszerkezetek tartóssága” című konferenciakiadványban (szerkesztette: Dr. Balázs György és dr. Balázs L. György), pp. 129-138., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1996.

- Erdélyi A. – Zimonyi Gy.: A megszilárdult beton légbuborék-szerkezetének vizsgálata. Fejezet a „Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok” c. könyvben (Szerkesztette: Dr. Balázs György és dr. Tóth Ernő), pp. 164-179., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- Erdélyi A. – Lipták A.: Az acélbetétek követelményrendszere és választéka. Beton évkönyv 1997/1998. pp. 34-55. MÉASZ Magyar Építőanyagipari Szövetség – ÉTK Építésügyi Tájékoztatói Központ. Budapest, 1998.
- Erdélyi A. – Csányi E. – Kopecskó K. – Borosnyói A. – Fenyvesi O.: Acélszálás betonok tönkremenetele: Fagyasztás – olvasztás és sózás. 1. rész: Tudományos háttér, módszerek összehasonlítása. Vasbetonépítés. 2007. IX. évfolyam. 2. szám, pp. 45-55.; 2. rész: Állapotromlás, az eredmények értékelése, következtetések. Vasbetonépítés. 2007. IX. évfolyam. 3. szám, pp. 72-83.
- Erdélyi A. – Csányi E. – Kopecskó K. – Borosnyói A. – Fenyvesi O.: „Fagyasztás és sózás hatása acélszálás betonokra” című fejezet a „Betonszerkezetek tartóssága” című konferencia-kiadványban (szerkesztette: Dr. Balázs György és dr. Balázs L. György), pp. 85-102., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2008.
- Erdélyi A.: Klorid behatolás mérési módszerek. Kézirat. Fejezet a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken készült „Cementek felhasználhatósági köre az MSZ 4798:2016 környezeti osztályainak megfelelően” című innovációs kutatás-fejlesztési tanulmányban. Budapest, 2010.
- Erdélyi A.: Az MSZ 4798 megújítási tárgykörébe tartozó CEN-iratok áttekintése. Kézirat. Megrendelő: Magyar Betonszövetség. Budapest, 2011.
- Erdélyi A. – Kovács J. – Gál A. – Szegőné Kertész É.: Savállóak lehetnek-e a betonok? Vasbetonépítés. XX. évfolyam. 2018. 3. szám. pp. 57-66. DOI: 10.32969/VB.2018.3.2
- Erfurt, W.: Erfassung von Gefügeveränderungen in Beton durch Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Einschätzung der Dauerhaftigkeit. Dissertation. F. A. Finger-Institut für Baustoffkunde Bauhaus-Universität Weimar. 2002.
- ÉMI: Építésügyi Műszaki Irányelvek. Ismertető. Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság. Szentendre, 2018.
- Fachhochschule Campus Wien: http://www.fh-campuswien.ac.at/bau@home/bausanierung/daten/4_4.htm, Évszám nélkül
- Fågerlund, G.: Critical degrees of saturation at freezing of porous and brittle materials. Dissertation. Lunds tekniska högskola. Institutionen för byggnadsteknik, 1973. p. 9.
- Farkas Gy. – Huszár Zs. – Kovács T. – Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján. Közúti hidak, épületek. Terc Kft. Budapest, 2006.
- Farkas M. (főszerkesztő): Matematikai Kislexikon. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1979.
- Faurie, M. T. - Rabot, M. R.: A „Ciment Fondu” aluminátcement. Kézirat. SZTE, 1972.

- Faust, Th.: Leichtbeton im Konstruktiven Ingenieurbau. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2003.
- Fáy Gy. – Kiss M.: Örlmények finomságának és homogenitásának meghatározása grafikus eljárással. Energia és Atomtechnika, 14. évfolyam. 1961. 8-9. szám, pp. 360-364.
- Federighi, E. T.: Extended Tables of the Percentage Points of Student's *t*-Distribution. Journal of the American Statistical Association. Vol. 54. 1959. pp. 683-688.
- Fegyverneki S.: Valószínűség-számítás és matematikai statisztika. Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Matematikai Tanszék. Miskolc, 2007. https://www.uni-miskolc.hu/~matfs/FS_HEFOP_jegyzet_01.pdf
- Fehér B. – Papp G.: Brucit- és serpentintartalmú hidrotermás erek a polgárdi Szár-hegy kontaktmetamorfózist szenvedett mészkövében. Topographia Mineralogica Hungariae. Vol. VIII. 2003. pp. 135-144.
https://library.hungaricana.hu/en/view/MEGY_BAZE_Tmh_08/?query=SZO&pg=136&layout=s
- Fehér B. – Sajó I.: Kalcium-szilikátok a polgárdi Szár-hegy wollastonitos szkarnjából. Topographia Mineralogica Hungariae. Vol. VIII. 2003. pp. 87-113.
https://library.hungaricana.hu/en/view/MEGY_BAZE_Tmh_08/?query=SZO&pg=101&layout=s
- Felix, M. – Bláha, K.: Matematikai statisztika a vegyiparban. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1964.
- Fenyves H. – Kausay T.: Előregyártott közönséges és feszített vasbeton tartók betonjának rugalmassági modulusa. Építőanyag. XXXIV. évfolyam. 1982. 3. szám, pp. 86-98.
- Ferretti, E.: A discussion of strain-softening in concrete. International Journal of Fracture. 126: L3-L10. Università di Bologna. 2004.
http://elenaferretti.people.ing.unibo.it/Papers_cited/Letter1.pdf
- fib* Bulletin No. 76: Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards: Durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides. Fédération internationale du béton (*fib*). Lausanne, 2015. Rövid összefoglalás: Vasbetonépítés. XVII. évfolyam. 2015. 3. szám, pp. 70.
- Fingerloos, F. (Hrsg): Historische technische Regelwerke für den Beton, Stahlbeton und Spannbetonbau. Bemessung und Ausführung (1904-2004). Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2009.
- Fingerloos, F. – Hegger, J. – Zilch, K.: Eurocode 2 für Deutschland. DIN EN 1992-1-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang. Kommentierte Fassung. Beuth. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2012.
- Fingerloos, F.: Normen und Regelwerke. 7. Vorspannung. Beton-Kalender. 2017. Band 2, pp. 617-622. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2017.

- Firtha F.: Fizika I. (Mechanika, áramlástan, reológia, fénytan) előadási jegyzet Élelmiszermérnök és Biomérnök hallgatóknak. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest, 2011.
- Fischer, A. M.: Bestimmung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte zur semiprobabilistischen Bemessung von Stahlbetonkonstruktionen im Bestand. Dissertation. Architektur / Raum- und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern. 2010.
- Fischer, Ch.: Auswirkungen der Bewehrungskorrosion auf den Verbund zwischen Stahl und Beton. Dissertation. Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart. 2012.
- Fischer, Ch. – Özbolt, J. – Gehlen, Ch.: Verbundfestigkeit von korrodierter Bewehrung in Beton. In: DAfStb Heft 602. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 2: Dauerhaftigkeitsbemessung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 47-88. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Fischer, L.: Bestimmung des 5 %-Quantilis im Zuge der Bauwerksprüfung. Bautechnik. Jg. 72. 1995. Heft 11. pp. 712-722.
- Fischer, L.: Sicherheitskonzept für neue Normen. ENV und DIN-neu. Grundlagen und Hintergrundinformationen. Teil 3. Statistische Auswertung von Stichproben im eindimensionalen Fall. Bautechnik. Jg. 76. 1999. Heft 4, pp. 328-338.
- Fischer, L.: Europäische Baunormen im Test. Charakteristische Werte nach DIN EN 1990, DIN 1926 und DIN EN 13162. Bautechnik. Jg. 83. 2006. Heft 5. pp. 351-364.
- Fisher, R. A. – Tippett, L. H. C.: Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 24. 1928. pp. 180-190.
- Flemming, M. – Roth, S.: Faserbundbauweisen. Eigenschaften. Springer Verlag GmbH. Berlin – Heidelberg, 2003.
- Fodor Gy.: Mértékegység-Kislexikon. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1971.
- Fontana, P.: DAfStb Heft 570. Einfluss der Mischungszusammensetzung auf die frühen autogenen Verformungen der Bindemittelmatrix von Hochleistungsbetonen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin, 2007.
- Forgács L.: A magyar szabványosítás jogharmonizációja. Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat. 137. évfolyam. 2004. 1. szám, pp. 28-32.
- Forsén, L.: Zur Chemie des Portlandzementes. Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik (S.V.M.T.). Bericht Nr. 35. Sonderdruck aus „Zement“ 1935, Nr. 2, 3, 5, 10, 13. Zürich, 1935.

- Föppl, A.: Mitteilung aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule München. 1900. Heft 27. und 28.
- Franke, B.: Bestimmung von Calciumoxid und Calciumhydroxid neben wasserfreiem und wasserhaltigem Calciumsilikat. Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. 1941. 247. pp. 180-184.
- Fréchet, M. R.: Sur la loi de probabilité de l'écart maximum; Annales de la Société Polonaise de Mathématique. Cracovie, 1927. 6. pp. 93-116.
- Frecskay J.: Mesterségek szótára. Hornyánszky Viktor császári és királyi udvari könyvnyomdája. Budapest, 1912. Részlet a könyvből: <http://www.betonopus.hu/notesz/oreg-konyvek/mestersegek-szotara-komuves-kofarago.pdf>
- Freese, D.: Ansteifen des Frischbetons. Ringversuche der Transportbetonindustrie. beton. Jg. 32. 1982. Heft 2. pp. 59-63.
- Freiesleben H. P. – Pedersen, E. J.: Maturity Computer for Controlled Curing and Hardening of Concrete. Nordisk Betong, 1, 1977, pp. 19-34.
- Freimann, Th.: Wasserundurchlässige Betonbauwerke, Zement Merkblatt Hochau, Beton, 2006. www.vdz-online.de
- Freytag, B. – Sparowitz, L.: WILD-Brücke – UHPC in der Praxis als Ergebnis der Forschung. Forschung & Entwicklung für Zement und Beton. Kolloquium 2008. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie. Kurzfassungen der Beiträge
- Fuller, W. B. – Thompson, S. E.: The Laws of Proportioning Concrete. Proceedings of the American Society of Civil Engineers (ASCE). New York. Vol. 33. March 1907, pp. 222-297. Más forrás szerint: American Society of Civil Engineers Transactions. New York. Vol. 59. December 1907, pp. 67-143.
- Fülöp I.: A talajstabilizáció alkalmazásának gazdasági vizsgálata. Mélyépítéstudományi Szemle. 1966. 9. szám. pp. 413.
- Fülöp I.: Talajstabilizációs kísérletek bázikus hatású barnaszén pernyével. Mélyépítéstudományi Szemle. 1967. 8. szám. pp. 364.
- Gallyas M.: Radioaktív izotópok alkalmazása az építőiparban. SZIKKTI 78. Tudományos Közleménye. Budapest, 1984.
- Gállik I.: A nagyobb szilárdságú szerkezeti acélok kérdésének állása Magyarországon. Anyagvizsgálók Közlönye. 1928. VI. évfolyam. pp. 19-37; és ugyanezzel a címmel: A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye. LXII. kötet. 1928. 41-42. szám. pp. 285-290.
- Gállik I.: A hajlító próba alkalmazása a hegesztés vizsgálatában. Anyagvizsgálók Közlönye. 1934. XII. évfolyam. 2. szám. 79-90. pp.
- Gálos M. (szerkesztő): Emlékkönyv. Dr. Kertész Pál munkássága a Műegyetemen. Hantken Kiadó. Budapest, 2013.
- Gáspár G.: Beszámoló az Anyagvizsgálók Nemzetközi Szövetségének 1931. évben Zürichben tartott kongresszusáról. B-csoport: Kémiai hatások a cementre és a betonra, cementek

- hidraulikus adalékanyagokkal. Anyagvizsgálók Közlönye. 1935. XIII. évfolyam. 1. szám. pp. 53-66.
- Gáspár G.: Káros hatások a betonra. Jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézete. Budapest, 1942.
- Gáspár G.: Vegyi hatások a betonra. Fejezet „A vasbeton” című könyvben, pp. 257-320. Szerkesztette dr. Palotás László. Magyar Építőmesterek Egyesülete. Budapest, 1947.
- Gáspár G. – Palotás L.: Magasnyomáson gőzölt beton. Kézirat. ÉTI jelentések. Budapest, 1952-1953.
- Gáspár G.: Falazó-, vakoló- és burkolóhabarcsok. Fejezet a dr. Palotás László szerkesztette Mérnöki Kézikönyv. Első sorozat. I. kötetében. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1955.
- Gáspár L. (id.): Talajstabilizáció az útépitésnél. Mérnöki Továbbképző Intézet. Budapest, 1965.
- Gáspár L. (id.): 60 éves a Közlekedéstudományi Intézet. Közúti és Mélyépítési Szemle. XLIX. évfolyam. 1999. 1. szám. pp. 11-16.
- Gehlen, Ch. et al.: Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards: Durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides. State of the art report. *fib* Bulletin 76. Lausanne, 2015. https://www.afgc.asso.fr/app/uploads/2010/07/fib_Bulletin_76.pdf
- Gehlen, Ch.: Probabilitische Lebensdauerbemessung von Stahlbetonbauwerken. Zuverlässigkeitsbetrachtungen zur wirksamen Vermeidung von Bewehrungskorrosion. DAfStb Heft 510:2000. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin, 2000.
- Gehler, W.: Die Würfelfestigkeit und die Säulenfestigkeit als Grundlage der Betonprüfung und die Sicherheit von Beton und Eisenbetonbauten. Der Bauingenieur. 1928. Heft 2-4.
- Geistlich, K. – Ghielmetti, M.: Bauwerkfestigkeit. Untersuchungen auf der Baustelle Kernkraftwerk Leibstadt. Schweizer Ingenieur und Architekt. Band 98. 1980. Heft 44, pp. 1083-1089.
- Gereben Z.: Hőenergiatakarékosság és hőérzet a járóburkolatos födémeknél. Magyar Építőipar. 1982. 31. évfolyam. 6. szám. pp. 332-334.
- Gergely E. – Bezegh A.: Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására. A Magyar Mérnöki Kamara 37. sz. kiadványa. FAP-2019/109-KVT. Budapest, 2019. (FAP = Feladat Alapú Pályázat, KVT = Környezetvédelmi Tagozat) <https://www.kvtagozat.hu/pictures/FAPMU2.pdf>
- Gerlach, J. – Lohaus, L.: DAfStb Heft 620. Sachstandbericht. Verfahren zur Prüfung des Säurewiderstandes von Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Gerstle, K.H. – Aschl, H. – Bellotti, R. – Bertacchi, P. – Kotsovos, M.D. – Ko, H-Y. – Linse, D. – Newman, J.B. – Rossi, P. – Schickert G. – Taylor, M.A. – Triana, L.A. – Winkler, A. – Zimmerman, R.M.: Strength of concrete under multiaxial stress states. Douglas

- Mc. Henry International Symposium on Concrete and Concrete Structures. Publication Sp 55-5, pp. 103-131. ACI, Detroit, 1978.
- Gessner, H.: Vorschrift zur Untersuchung von Böden auf Zementgefährlichkeit. Diskussionsbericht. Eidgenössischen Materialprüf- und Versuchsanstalt, Nr. 29., Zürich, 1928.
- Geßner, S. – Niedermeier, R. – Ahrens, M. A. – Hegger, J. – Fischer, O. – Mark, P.: Spannbeton. Entwicklung, Bemessung und Konstruktion. Beton-Kalender. 2017. Band I. pp. 1-100. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2017.
- Gillemot L.: Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat. Második kiadás. Tankönyvkiadó. Budapest, 1972.
- Glanville, W. H.: Studies in reinforced concrete III. Creep or flow of concrete under load. Building Res. Tech. Paper No. 12. Dept. Sci. Ind. Res., London, 1930. és
- Glanville, W. H.: Creep of concrete under load. The Structural Engineer. 1933. 11(2), pp. 54-73.
- Gmelin: Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie. Achte völlig neu bearbeitete Auflage. Eisen. Teil C. Härteprüfverfahren. Erschien in 2 Lieferungen. System-Nummer 59. Springer-Verlag GmbH. Berlin – Heidelberg, 1937.
- Gnedenko, B.V.: Sur la distribution limite du terme maximum of d'unesérie Aléatoire. Annals of Mathematics, 44, 1943. pp. 423-453.
- Goldammer, K.-R. – Kiltz, D.: Zum aktuellen Stand der Technik geschalter Sichtbetonflächen. Beton-Kalender 2017. Band I. pp. 321-380. Ernst & Sohn Verlag GmbH, Berlin, 2017.
- Goris, A. – Hegger, J.: Stahlbetonbau aktuell 2010. Bauwerk Verlag GmbH. Berlin, 2010.
- Goris, A.: Stahlbetonbau-Praxis nach Eurocode 2. Band 1.-2. Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2013.
- Goris, A. – Voigt, J.: Stahlbetonbau-Praxis. Tragwerksplanung im Bestand. Band 3. Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Gosset, W. S.: Lásd: Student
- Gömöri M.: Bányászat és kohászat. Fejezet a Borovszky Samu szerkesztette „Magyarország Vármegyéi és Városai. Gömör-Kishont vármegye” című könyvben. Apollo Irodalmi Társaság. Budapest, 1903. A huszonöt kötetes, 1896-1914 között kiadott enciklopédia elektronikus változata: <http://mek.oszk.hu/09500/09536/html/> és <https://adt.arcanum.com/hu/>
- Graf, O.: Die Eigenschaften des Betons. Versuchsergebnisse und Erfahrungen zur Herstellung und Beurteilung des Betons, Springer Verlag OHG, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1950.
- Graf, O. (szerkesztő): Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe. 2. Auflage. A könyv az E. Siebel szerkesztésében megjelent „Handbuch der Werkstoffprüfung” többkötetes mű

- harmadik kötete. Springer-Verlag. Berlin – Göttingen – Heidelberg, 1957.
- Gräf, H. – Grube, H.: Einfluss der Zusammensetzung und der Nachbehandlung des Betons auf seine Gasdurchlässigkeit. beton 36. 1986. Heft 11, pp. 426-429. és Heft 12, pp. 473-476. Továbbá: vdz. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Forschungsinstitut der Zementindustrie: Zement-Taschenbuch. 51. Ausgabe, pp. 558-562. Verlag Bau+Technik GmbH. Düsseldorf, 2008.
- Greßler, S. – Gazsó, A.: Nano im Baugewerbe. Nano Trust Dossiers. OAW ITA, Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Nr. 032. Juni 1012. <https://docplayer.org/58979153-Nano-im-baugewerbe-einleitung.html>
- Greve-Dierfeld, S. M. v. – Gehlen, Ch.: Lebensdauerbemessung. Anwendung und Validierung. In: DAfStb Heft 602. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 2: Dauerhaftigkeitsbemessung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 131-167. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Greve-Dierfeld, S. M. v.: DAfStb Heft 622. Bemessungsregel zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit XC-exponierten Stahlbetonbauteile. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Gróh Gy.: Az elemek és vegyületek beosztása. I./2. fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai. Első rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 24-36. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Große, Ch. U.: Quantitative zerstörungsfreie Prüfung von Baustoffen mittels Schallemissionsanalyse und Ultraschall. Dissertation. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart, 1996. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/172/1/1996_Diss_Grosse.pdf
- Grube, H. – Dehn, F.: Mischungsentwurf, Ziele. In: DAfStb Heft 516. Sachstandsbericht. Selbstverdichtender Beton (SVB), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 23-32. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2001.
- Grübl, P. – Lemmer, C.: Prüfung und Verarbeitung von SVB. In: DAfStb Heft 516. Sachstandsbericht. Selbstverdichtender Beton (SVB), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 33-43. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2001.
- Grübl, P. – Rühl, M.: Der Einfluß von Recyclingzuschlägen aus Bauschutt auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften und die Bewertung hinsichtlich der Eignung für Baustellen- und Transportbeton nach DIN 1045. Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau Baustoffe, Bauphysik, Bauchemie. Zwischenbericht für September 1998.
- Grübl, P. – Weigler, H. – Karl, S.: Beton. Arten, Herstellung und Eigenschaften. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2001.

- Gumbel, E. J.: Statistics of Extremes. Columbia University Press. New York, 1958. A könyv reprint utánnyomatát a Manufactured in the United States of America Dover Publications Inc. Mineola (USA) 2004-ben adta ki.
- Güder, H. S. – Şahin, E. – Şahin, O. – Göçmez, H. – Duran, C. – Ali Çetinkara, H.: Vickers and Knoop Indentation Microhardness Study of β -SiAlON Ceramic. Acta Physica Polonica A. Vol. 120. No. 6. 2011. pp. 1026-1033.
- Gyengő T.: Betonkockákon, hasábokon és hengereken végzett összehasonlító szilárdsági kísérletek. Anyagvizsgálók Közlönye. XIV. évfolyam. 1936. 5. szám. November-december, pp. 123-140.
- Gyengő T.: Effect of type of test specimen and gradations of aggregate on compressive strength of concrete. Proc. Amer. Concr. Inst. Bd. 34. S. 272., 1938.
- György L.: Az MSZ 4720 és az MSZ ENV 206 T minősítési módszereinek az összehasonlítása. MÉASZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése” című műszaki előírás (szerkesztette és írta: Dr. Ujhelyi János), 6. fejezet: „Vizsgálat, minőség-ellenőrzés, minőségtanúsítás” 6.3.4.4. szakasza, Budapest, 1995.
- Györkösy A. (szerkesztő): Magyar-latin szótár. Akadémiai Kiadó. Hatodik kiadás. Budapest, 1989.
- Györkösy A. (szerkesztő): Latin-magyar szótár. Akadémiai Kiadó. Tizenegyedik kiadás. Budapest, 1994.
- Gyurkó Z. – Borosnyói A.: Keménységmérés diszkrét elemes (DEM) modellezése. Szilikátipari Tudományos Egyesület, Diplomadíj pályázat. Budapest, 2016.
- Gyurkó Z.: Mechanical testing and modelling of porous construction materials. PhD. értekezés. Budapest, 2020.
- Haag, C. – Gerdes, A. – Wittmann, F. H.: Dauerhaftigkeit eines Stahlbetonbauteils. Ansätze zur ökologischen Bewertung. Tiefbau. 1998. No. 4, pp. 262-264.
- Haegermann, G.: Eindruckversuch. Zement. Band 20. 1931. Heft 49. pp. 1032.
- Hahn, M. – Stoyan, D.: Erich Rammler und der BHT-Koks. Fejezet a D. Stoyan (szerk.): Bergakademische Geschichten. Aus der Historie der Bergakademie Freiberg erzählt anlässlich des 250. Jahrestages ihrer Gründung. Freiberg, 2015. című könyvben, pp. 247-262.
- Haist, M. – Müller, H. S.: Widerstandsfähige Betonkonstruktionen unter chemischem Angriff. 8. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 17. März 2011.: Schutz und Widerstand durch Betonbauwerke bei chemischem Angriff. pp. 1-10. Karlsruhe, 2011.
- Hajós Gy.: Zielinski Szilárd. Logod Bt., Budapest, 2004.
- Halász I.: A különböző méretű és alakú próbatesteken kapott eredmény átszámítása nyomószilárdság esetén. (Megjelent a Szalai Kálmán által szerkesztett, 1982-ben kiadott „A beton minőségellenőrzése” című könyv 8.3.3. fejezeteként, pp. 331-339.)

- Hampel, T.: Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, 2006.
- Harter, H. L.: Tables of range and studentized range. The Annals of Mathematical Statistics. Baltimore, USA. VOL. 31. 1960. No. 4, pp. 1122-1147.
- Hartlieb, B. – Hövel, A. – Müller, N.: Normung und Standardisierung. Grundlagen. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Hartung, J. – Elpelt, B. – Klösener, K.-H.: Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. München, 2009.
- Härtig, F.: Das neue Internationale Einheitensystem – jetzt auch für Außerirdische. Technisches Messen. 86(5). 2019. pp. 249-257. <https://doi.org/10.1515/teme-2019-0029>
- Hatos G.: A kjeldahlozás története. Budapest, 1959.
http://www.orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.3/1959_013_hatos_geza_kjeldahlozas_tortenete.pdf
Lásd: Kjeldahl, 1883.
- Hausmann, J. F. L.: Über den gegenwärtigen Zustand und Wichtigkeit des Hannover'schen Harzes. Göttingen, in der Dieterichschen Buchhandlung, 1832.
- Hegedűs J.: Ipari padlóburkolatok. Ipari Szakkönyvtár. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1987.
- Hegger, J. – Lieboldt, M. – Schladitz, F. – Tietze, M. – Curbach, M.: Handbuch Carbonbeton. Einsatz nichtmetallischer Bewehrung. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2023.
- Heidelberger Zement AG: Betontechnische Daten. Leimen, 2003. és 2009.
- Heinz, D. – Urbonas, L.: Verhalten von Bindemittelgemischen zur Sicherstellung eines hohen Sulfatwiderstandes. In: DAfStb Heft 554. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2006.
- Henning, O. – Knöfel, D.: Baustoffchemie. Eine Einführung für Bauingenieure und Architekten. 6., aktualisierte Auflage. Verlag Bauwesen. Berlin, 2002.
- Henzel, J. – Grube, H.: Festigkeitsuntersuchungen an Bauwerkbeton und zugehörigen Gütewürfeln. Der Bauingenieur. Jg. 41. 1966. Berlin
- Henzel, J. – Spitzner, J. Freitag, W.: Einflüsse auf die Ergebnisse bei Druckfestigkeitsprüfungen an Beton. beton. 1967. Heft 4. Seite 135-138.
- Herold, G.: Korrosion zementgebundener Werkstoffe in mineralsauren Wässern. Dissertation, Universität Karlsruhe, Schriftenreihe des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie. Heft 36. 1999.
- Herrmann, B. C. – Setzer, M. J.: Schall. Universität Duisburg-Essen. Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft. 2012. <http://www.uni-due.de/ibpm/BauPhy/Schall/indexschall.htm>
- Herrmann, K. – Polzin, Th. – Kompatscher, M. – Mennicke, R. – Ullner, Ch. – Wehrstedt, A.: Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen. Grundlagen und Überblick zu modernen Verfahren. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Expert Verlag. Renningen, 2014.

- Herzog, M.: Kurze Geschichte der Baustatik und Baudynamik in der Praxis. Bauwerk Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- Heusinger, L.: Bauliche Durchbildung, Bauausführung, Qualitätssicherung. Cikk a Bieger, K.-W.: „Stahlbeton und Spannbetontragwerke nach Eurocode 2. Erläuterungen und Anwendungen” című könyv 372-402. oldalán. Springer Verlag. Berlin – Heidelberg – New York, 1993.
- Hídépítők Egyesülete: Hidász ki-kicsoda katalógus:
<http://www.hidepitok-egyesulete.hu/wp-content/uploads/2012/05/Hidász-ki-kicsoda-katalógus.pdf>
- Hilgard, K. E.: Die amerikanische Zementkanone und ihr Anwendungsbereich. Schweizerische Bauzeitung. Heft. 8. pp. 92-95. és Heft. 9. pp. 101-104. Zürich, 1921.
- Hillemeier, B. – Buchenau, G.: Rheologie. In: DAfStb Heft 516. Sachstandsbericht. Selbstverdichtender Beton (SVB), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 10-22. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2001.
- Hillerborg, A.: Analysis of a Single Crack. Fracture Mechanics of Concrete. Edited by F. H. Wittmann, Elsevier. Amsterdam, 1983. pp. 223-249.
- Hillger, W.: Verbesserungen und Erweiterungen von Ultraschallprüfverfahren zur Zerstörungsfreien Fehlstellen- und Qualitätskontrolle von Betonbauteilen. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig. Heft 60. 1983.
<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00063057>
- Hills, Th. P. – Gordon, F. – Florin, N. H. – Fennell, P. S.: Statistical analysis of the carbonation rate of concrete. Cement and Concrete Research. Volume 72., June 2015., pp. 98-107.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.02.007>
- Hilsdorf, H. K.: DAfStb Heft 173. Die Bestimmung der zweiachsigen Festigkeit des Betons. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. Berlin., Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1965.
- Hilsdorf, H. K.: Beton. Beton-Kalender 1992. Teil I, pp. 1-126. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1992.
- Holschemacher, K. – Dehn, F. – Müller, T. – Lobisch, F.: Grundlagen des Faserbetons. Beton-Kalender. 2017. Band 1., pp. 381-472., Jahrgang 106., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Hosser, D. – Gensel, B.: Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondruckfestigkeit nach prEN 206. Schlußbericht DBV 162. Braunschweig, 1995.
- Huggenberger, U.: Ausmass der Betonerosion in Schweizer ARA. A Betonsuisse Bernben, 2010-ben tartott „Betonerosion in Biologiebecken von ARA” konferenciáján elhangzott előadás vetített képei:
http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerosion_in_ara/index.html?lang=de
- Hummel, A.: Die Auswertung von Siebanalysen und der Abrams'sche Feinheitmodul. Zement, 1930. H. 15, pp. 355-364.
- Hummel, A.: DAfStb Heft 114. Die Ermittlung der Kornfestigkeit von Ziegelsplitt und anderen Leichtbeton Zuschlagstoffen.

- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 1954.
- Hummel, A.: Das Beton-ABC. Ein Lehrbuch der Technologie des Schwerbetons und des Leichtbetons. 12. Auflage. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1959.
- Hums, D.: Az Ytong gázbeton előállítása, tulajdonságai és alkalmazása. Építőanyag. XXXIX. évf. 1987. 2. szám. pp. 47-54. <http://www.betonopus.hu/notesz/hums-gazbeton-1987-90.pdf>
- Hums, D.: Homokalapú gázbetonok szilárdsági, hőtechnikai, akusztikai, építésbiológiai tulajdonságai. Építőanyag. XLII. évf. 1990. 6. szám. pp. 224-229. <http://www.betonopus.hu/notesz/hums-gazbeton-1987-90.pdf>
- Hunkár B.: A természetes vizek, felhasználásuk és tisztításuk. II./7. fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai. Első rész” című könyvben (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula), pp. 222-247. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Hunkeler, F.: Grundlagen der Korrosion und der Potentialmessung bei Stahlbetonbau-werken, Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Strassen, FA 86/90, Bericht VSS Nr. 510, Mai 1994; <http://www.tfb.ch/de/Publikationen/Publikationsliste.html>.
- Hunkeler, F.: Einfluss der Betonqualität auf den Chlorid- und Karbonatisierungswiderstand, Veranstaltung TFB 974761/62 „Dauerhafte Betonbauwerke – unser Ziel“, 18.02.1998 und 13.05.1998.
- Hunkeler, F. – Matt, P. – Vollenweider: Spannglieder, Schrägseile und Anker. Beschreibung der Systeme und Erkenntnisse aus Korrosionsschäden. TFB, Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton. Wildeg, 2005.
- Hunkeler, F. – Lammar, L. – Frey, S.: Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen. Forschungsauftrag AGB 2008/012 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB). Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Strassen. Wildeg – Zürich, 2012.
- Hunkeler, F. – Greve-Dierfeld, S.: Karbonatisierung von Beton und Korrosionsgeschwindigkeit der Bewehrung im karbonatisierten Beton. Forschungsprojekt AGB 2013/005 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB), Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Strassen. Wildeg – Zürich, April 2019.
- Hussein, A. – Marzouk, H.: Behavior of High-Strength Concrete under Biaxial Loading. Applied Science Technical Report Series, East Report No. 98003, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Canada, 1998.
- Hüttl, R.: Der Wirkungsmechanismus von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades. Technischen Universität Berlin.

2000. http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/diss/2003/tu-berlin/diss/2000/huettl_roland.pdf
- Hüttl, R. – Lyhs, P. – Silbereisen, R.: Beton auf Basis CEM II mit erhöhtem Widerstand gegenüber Säureangriff. In: 17. Intern. Baustofftag. ibausil. Weimar, 2009.
- Hying, K.: Analyse der viskoelastischen Eigenschaften von Poly(tetrafluorethylen) im Bereich des β -Übergangs. Dissertation. Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Rheinisch- Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Aachen, 2003.
- IGF-Vorhaben 21826 N: Dauerhaftigkeit von Beton nach dem Performance-Prinzip: Klassifikation Materialwiderstände, Produktionskontrolle, Konformitätskriterien und -kontrolle. Industrielle Gemeinschaftsforschung. Berlin, 2024. <https://www.transportbeton.org/forschung/>
- Iken, H.-W. – Lackner, R. R. – Zimmer, U. P. – Wöhl, U. – Breit, W.: Handbuch der Betonprüfung. Anleitungen und Beispiele. 6. Auflage. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2012.
- International System of Unified Standard Codes of Practice for Structures, Vol. II, CEB-FIP Model Code for Concrete Structures, CEB-FIP, 1978.
- Isecke, B. – Beck, M. – Burkert, A. – Lehmann, J. – Faulhaber, A.: Ermittlung der Systemparameter und quantitative Bewertung der Eigenkorrosion auf den Korrosionsfortschritt an depassiviertem Bewehrungsstahl. In: DAfStb Heft 601. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 1: Systemparameter der Bewehrungskorrosion. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 19-57. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Iványi, Gy. (szerkesztő): DAfStb Heft 555. Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Köln, 2006.
- Jakobs, F. – Leemann, A. – Denarié, E. – Teruzzi, T.: Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen. Bundesamt für Strassen (ASTRA), Ittigen, Svájc, 2009. (www.astra.admin.ch)
- Jancsó Á.: A temesvári Bega-hidak krónikája. Magyar Útügyi Társaság – Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. Budapest – Temesvár, 1999.
- Jankó A.: Cement-Beton Zsebkönyv. Duna-Dráva Cement Kft. (Főszerkesztő: Pluzsik Tamás) Vác, 2007
- Jankovicsné Tálás A.: Etimológiák, szóelemzések a Czuczor-Fogarasi szótárból. Tinta Könyvkiadó. Budapest, 2010. Lásd még fenn: Czuczor G. – Fogarasi J.
- Jámbor A.: Építésügyi fogalmak. <https://epitesijog.hu/magyarazatok/> 2008.
- Jäger, W.: Freie Spanngliedlage bei Spannbetondecken. Planung, Herstellung und Einsatzmöglichkeiten. „Ausgewählte

- Kapitel des Massivbau". Technische Universität Dresden. Lehrstuhl für Tragwerkslehre. Dresden, 2005.
- Jedelhauser, B.: Verwendung von nichtrostendem Stahl (Edelstahl) im Brücken- und Ingenieurbau. Bautechnik. No. 85. 2008. Heft 7, pp. 472-475.
- Jederán M. – Tárnoky F. (főszerkesztők): Textilipari kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1979.
- Jenei K.: A Salgótarjáni Kőszénbánya Rt. és konszern vállalatai. Repertórium. Levéltári Leltárak 43. Kézirat. Magyar Országos Levéltár. Budapest, 1968.
(https://library.hungaricana.hu/hu/view/MolDigiLib_LevLelt_43/?pg=6)
- Jenkinson, A. F.: The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 81. 1955. pp. 158-171.
- Jenkinson, A. F.: Statistics of extremes. Fejezet a World Meteorological Organization hidrometeorológiai munkabizottsága által készített 98. sz. „Estimation of maximum floods” című műszaki jelentésben (WMO – No. 233. TP. 126). Genf, 1969. pp. 183-227.
- Johnson, N. L. - Kotz, S.: Distributions in Statistics. Continuous Univariate Distributions – I. Houghton Mifflin, Boston, 1970.
- Juhart, J. – Baldermann, C. – David, G. A. – Fischer, G. – Passer, A.: Neue Betone für den Infrastruktur-Bereich, Energie- und Ressourcenoptimiert. Ergebnisbericht zum Forschungsprojekt „Erescon”. Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie TU-Graz in Zusammenarbeit mit Institut f. Angewandte Geowissenschaften TU-Graz, 2015.
- Juhart, J. – David, G. A.: Spezifizierung von öko-effizientem Beton für Fertigteile. Teil 1: Stoffauswahl und Mischungsentwurf. BWI BetonWerk International. 2019. No. 3. pp. 136-145.
- Juhart, J. – Baldermann, C. – David, G. A.: Spezifizierung von öko-effizientem Beton für Fertigteile. Teil 2: Dauerhaftigkeits-Performance. BWI BetonWerk International. 2019. No. 4. pp. 50-59.
- Juhász A. Z. – Opoczky L.: Szilikátok mechanikai aktivitása finomórléssel. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1982.
- Juhász A. Z.: A finomórlés fizikokémiai vonatkozásai. Órlésfizikai és mechanokémiai kutatások. Építőanyag. 50. évfolyam. 1998. 4. szám. pp. 134-138.
- Juhász A. Z. – Opoczky L.: Mechanokémia és agglomeráció. Építőanyag. 55. évfolyam. 2003. 3. szám. pp. 86-90.
- Juhász J. – Szőke I. – O. Nagy G. – Kovalovszky M.: Magyar Értelmező Kéziszótár. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1972.
- Justine, C.: Zum Mineralverhalten von Mineralvlies Experimente, Modellbildung und Berechnung. UNI Kassel, Institut für Mechanik. Bericht 3/2008.
- Kabluchko, Z.: Extremwerttheorie. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Institut für Mathematische Statistik. Münster, 2015.

- Kalt, H. A.: 50 éves a Schmidt betonvizsgáló kalapács. Építőanyag, 52. évfolyam. 2000. 1. szám, pp. 23-24.
- Kanstad, T. – Hammer, T. A. – Bjøntegaard, Ø. – Sellevold, E. J.: Mechanical properties of young concrete: Evaluation of test methods for tensile strength and modulus of elasticity. Determination of model parameters. Nor-IPacs report STF22. Norwegian Inst. of Techn., Trondheim, 1999.
- Kapteina, G.: DAfStb Heft 607. Modell zur Beschreibung des Eindringens von Chlorid in Beton von Verkehrsbauten. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2013.
- Kapu L.: Látszóbeton – Látványbeton. Terc Kft. Budapest, 2014.
- Karsainé Lukács K.: A betonburkolatok fajtái és alkalmazási területeik. „Betonburkolatok” című könyv (szerkesztette: Keleti Imre) 4. fejezete. Magyar Betonburkolat Egyesület. Budapest, 2012.
- Kaszás Á.: Kohósalak tartalmú cementek teljesítőképességének vizsgálata. Szakmérnöki diplomamunka. BME. Budapest, 2022.
- Kaufmann, W.: Strength and Deformations of Structural Concrete Subjected to In-Plane Shear and Normal Forces. Institut für Baustatik und Konstruktion. ETH Zürich, IBK Bericht Nr. 234. Birkhäuser Verlag. Basel, Juli 1998, 147 pp.
- Kausay T.: Kokkolitos betonadalék. Mélyépítéstudományi Szemle. 15. évfolyam. 1965. 12. szám, pp. 573-576.
- Kausay T.: Az adalékanyag jellemzése szemcsealak szerint. Mélyépítéstudományi Szemle. 16. évfolyam. 1966. 6. szám. pp. 290-296.
- Kausay T.: A betonadalékanyag maximális szemnagyságáról. Építőanyag. XVIII. évfolyam. 1966. 8. szám. pp. 316-320.
- Kausay T.: A szemcsealak hatása a betonszilárdságra. Mélyépítéstudományi Szemle. 16. évfolyam. 1966. 10. szám, pp. 476-482.
- Kausay T.: Az adalékanyag alakjának hatása a betonszilárdságra. SZIKKTI 21. szám. tudományos közleménye. ÉTK. Budapest, 1967.
- Kausay, T.: Az adalékanyag szemcsealak szerinti jellemzése. Műegyetemi doktori értekezés. Budapest, 1967.
- Kausay T.: A szemcsealak statikai szerepe a betonban. Építőanyag. XIX. évfolyam. 1967. 3. szám, pp. 110-115.
- Kausay T.: A szemcsealak minősítéses vizsgálatának mintaelemszáma. Mélyépítéstudományi Szemle, XX. évfolyam. 1970. 8. szám, pp. 373-388.
- Kausay T.: Összefüggés a zúzottkő- és kavicstermékek szemalakja és Los Angeles vizsgálat szerinti aprózódási vesztesége között. Építőanyag, 23. évfolyam, 1971. I. rész: 7. szám, pp. 248-254; II. rész: 8. szám, pp. 288-297.
- Kausay T.: A bauxitbeton felülvizsgálata során talált „Citonit” fődémekről. Építőanyag. 1970. 8. szám, pp. 317-320.

- Kausay T.: Halmazgeometriai jellemzők a szemalak függvényében. Építőanyag. 23. évfolyam. 1971. 11. szám. pp. 422-427.
- Kausay T. Zusammenhang zwischen der Kornform von Splittprodukten und ihrem Zerkleinerungsverlust nach der Los Angeles-Prüfung. Zentrales Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatindustrie. Mitteilungen. No. 15. SZIKKTI. Budapest, 1972.
- Kausay T.: Homokos kavicsok és zúzott adalékanyagok szemeloszlásjellemzőinek analitikus megállapítása. Mélyépítéstudományi Szemle, XXV. évfolyam. 1975. 4. szám, pp. 155-164.
- Kausay T.: A betonadalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai és a szemszerkezet komplex jellemzőmódja. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1977.
- Kausay T. – Szirmai A.: Konzisztenciamérés betonkeverőgépben. Építőanyag. 31. évfolyam. 1979. 5. szám, pp. 170-178.
- Kausay T.: A szemeloszlásjellemzők grafoanalitikus számítás módja. Építőanyag. 31. évfolyam. 1979. 8. szám pp. 291-297.
- Kausay T.: Repedésmentes feszített vasbetontartó regressziós eltolódási függvényének számítása zsebszámítógéppel. Építőanyag. 34. évfolyam. 1982. 10. szám. pp. 384-391.
- Kausay T.: Az építési kőanyagok Böhme kopási vizsgálata eredményeinek megengedett terjedelme. Építőanyag. 35. évf. 1983. 1. szám. pp. 1-7.
- Kausay T.: Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel. Építőanyag. 35. évfolyam. 1983. 1. rész: 9. szám, pp. 346-358; 2. rész: 10. szám, pp. 376-385.
- Kausay T. – Szekeresné Kollár M.: Betonok korrózióvédelme felületkezeléssel. Szakipari Technika. 1986. 3. szám, pp. 63-65.
- Kausay T.: Betonok és acélok korrózióvédelme Epofur bevonatos eljárással. Korróziós figyelő. XXIX. évfolyam. 1989. 6. szám, pp. 168-171.
- Kausay T.: Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása. OTKA T-007382 sz. kutatási téma. SZIKKTI részjelentés. Budapest, 1993.
- Kausay T.: Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása. I. rész. Építőanyag. 46. évfolyam. 1994. 6. szám, pp. 166-173.
- Kausay T.: A beton és betonacél kölcsönhatásának vizsgálata a tartósság fokozása érdekében. OTKA T-016461 sz. kutatási téma. Betonolith K+F Kft. zárójelentés. Budapest, 1998.
- Kausay T.: A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai. Szálerősítésű betonok. *fib* konferencia-kiadvány. Szerkesztette: Balázs L. György. pp. 97-113. Budapest, 1999.
- Kausay T.: A beton szilárdságát befolyásoló tényezők. Előadás a Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének 9. Tudományos Ülésén. Konferencia-kiadvány, Nyíregyháza, 2000. és <http://www.betonopus.hu/notesz/nyiregyhazi-eloadasok.pdf>

- Kausay T.: Alkálifém-oxid reakció. Beton IX. évf. 2001. 7-8. szám. p. 11.
- Kausay T.: Betonadalékanyagok alkáli reakciója. 2001. Kézirat: <http://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf>
- Kausay T.: Kőanyagghalmazok szemmegoszlási jellemzőinek grafoanalitikus számítása. Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia. Szerkesztette: Dr. Török Ákos. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2003. pp. 159-177.
- Kausay T.: Beton adalékanyagok szemmegoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon. Vasbetonépítés. VI. évfolyam. 2004. 1. szám, pp. 3-11. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2004_1.pdf)
- Kausay T.: Zielinski szilárd mérnök alkotó munkássága a magyar örökség része. Vasbetonépítés. VI. évfolyam. 2004. 3. szám, pp. 66-71. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2004_3.pdf)
- Kausay T.: A betonadalékanyagok európai szabályozása. Építési Piac. XXXXI. évfolyam. 2005. 1. rész: 1. szám, pp. 48-53.; 2. rész: 2. szám, pp. 73-76.
- Kausay T.: A beton nyomószilárdságának elfogadása. Vasbetonépítés. VIII. évfolyam. 2006. 2. szám, pp. 35-44. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2006_2.pdf)
- Kausay T.: A friss beton konzisztenciája. Vasbetonépítés. VIII. évfolyam. 2006. 4. szám, pp. 106-115. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2006_4.pdf)
- Kausay T.: Állásfoglalás az ÚT 2-3.601:2006 „Útépitési zúzottkövek és zúzottkavicsok” című útügyi műszaki előírás elvi alapjainak védelmében (<http://www.betonopus.hu/notesz/szabv-eszrevetel/zuzottko-2006-ume-allasfogl.pdf>)
- Kausay T. – Simon T. K.: Acceptance of concrete compressive strength. Concrete Structures (Journal of the Hungarian Group of fib). Vol. 8. 2007. No. 4. pp. 54-63. (<http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2007.pdf>)
- Kausay T.: Alulmaradási tényező. Fogalom-tár. Beton szakmai havilap. XV. évfolyam, 2007. 1. szám, pp. 3-5.
- Kausay T.: Zúzott betonadalékanyagok közetfizikai tulajdonságai a szabályozásban. Mérnökgeológia – Közetmechanika 2008. Konferencia-kiadvány. Mérnökgeológia-Közetmechanika Kiskönyvtár 7. Szerkesztette: Török Ákos – Vásárhelyi Balázs, pp. 259-270.
- Kausay T.: Építési zúzott kőanyag termékek közetfizikai jellemzése. Építőanyag. 60. évfolyam. 2008. 4. szám, pp. 118-123.
- Kausay T.: Zielinski Szilárd vasbetonépítést meghonosító mérnöki alkotó munkássága magyar örökség. Magyar Örökség. Laudációk könyve II. (2001-2005). Magyar Örökség és Európa Egyesület. Budapest, 2009, pp. 398-403.
- Kausay T.: Betonok környezeti osztályai, Beton. XVII. évfolyam. 2009. 7-8. szám, pp. 3-8.

- Kausay T.: OC-görbe, működési jelleggörbe, elfogadási jelleggörbe. Beton. XVIII. évfolyam. 2010. 9. szám, pp. 16-19. Megjegyzés: A folyóiratcikkben a 3. és a 4. ábra rajza felcserélődött.
- Kausay T.: A fiatal beton szilárdulási folyamatának modelljei. Szakirodalmi áttekintés. Vasbetonépítés. XIII. évfolyam. 2011. 1. rész: A Nurse-Saul- és a Papadakis-Bresson-féle modell. 2. szám, pp. 49-53. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2011_2.pdf); 2. rész: A de Vree-féle modell és a Cemij-féle számítási módszer. 3. szám, pp. 72-77. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2011_3.pdf); 3. rész: Az Arrhenius-féle modell. 4. szám, pp. 122-127. (http://fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2011_4.pdf)
- Kausay T.: Nyomószilárdsági osztályok értelmezése. Beton. 1. rész: XIX. évfolyam. 2011. 9-10. szám, pp. 3-7.; 2. rész: XX. évfolyam. 2012. 1. szám, pp. 10-12.; 3. rész: XX. évfolyam. 2012. 2. szám, pp. 12-16.
- Kausay T.: Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. Oktatási és továbbképzési kiadvány. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. Budapest, 2013.
- Kausay T.: Szálerősítésű beton. weboldal, 2017. <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/172-szalerositesu-beton.pdf>
- Kausay T. – Simon T. K.: Evaluation of the compressive strength of concrete. 12th. CCC Congress „Innovative materials and technologies for concrete structures”. Tokaj, Hungary, 31. August – 1. September 2017.
- Kausay T. – Simon T. K.: Csiszolás hatása a beton próbatestek mérhető nyomószilárdságára. Magyar Építőipar. 2018. 5-6. szám, pp. 163-167.
- Kászonyi G.: Gipszbeton szerkezetek tervezési módszereinek továbbfejlesztése. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1995.
- Kászonyi G.: Dermesztett teherhordó homokbeton szerkezetek roncsolásmentes szilárdságbecslő vizsgálatai. Technika. 2012. 5. szám. pp. 25-26. (https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/6308/ybl_tdk_05.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Keil, F.: Zement. Herstellung und Eigenschaften. Springer Verlag. Berlin – Heidelberg – New York, 1971.
- Kenyeres Á. (főszerkesztő): Magyar Életrajzi Lexikon. I-III. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1981-1982., 1994.
- Kern, E. – Koch, H.-J.: Anwendung von Fließbeton. Beton- und Stahlbetonbau. Jg. 71 (1976). Heft 12. pp. 285-289.
- Kertész P.: Közfizika. MTI jegyzet. M. 229. J 9-707. Tankönyvkiadó. Budapest, 1974.
- Kertész P.: Építészeti geológia. Kézirat. Tankönyvkiadó. Budapest, 1972. és 1986., továbbá Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1993.

- Kézdi Á.: Talajstabilizáció. Szakmérnöki jegyzet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1966.
- Kézdi Á.: Stabilizált földutak. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1967.
- Khatib, J. M. – Wild, S.: Sulphat resistance of metakaolin mortar. Cement and Concrete Research. Vol. 28. 1998. No. 1, pp. 83-92.
- Kilián J.: Építőanyagok. Kötőanyagok. Kézirat. Tankönyvkiadó. Budapest, 1974.
- Kilián J.: Építőanyagok I. kötet.. Kézirat. Tankönyvkiadó. Budapest, 1975.
- Kind, V. V.: O metodah ekszperimentalnoj ocenki korrozionnoj sztojkosztyi cementnih rasztvorov i betonov. Cement. Moszkva, 1954. No. 4.
- Kind, V. V.: Korrozija cementov i betona v gidrotehniczeszkih szoorzzsenijah. Goszenergoizdat. Moszkva – Leningád, 1955.
- Király B. – Angeli I.: Versailles-tól Versailles-ig Debrecen érintésével. Az SI mértékrendszer reformja. I. rész. Fizikai Szemle. 2019. 5. szám. pp. 160-162.
- Kirschling, G.: Qualitätsregelkarten für meßbare Merkmale. SPC. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH. Braunschweig/Wiesbaden, 1998.
- Kirsten, M. – Freudenberg, Ch. – Cherif, Ch.: Textile Ausgangsbasis für filigrane hochtragende Betonbauteile. In pp.8-15. In: Beton- und Stahlbetonbau Spezial. Januar 2015. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2015.
- Kiss S. – Szabó L. (szerkesztő): Az Építésügyi Minisztérium kutatóintézeteinek pót-katalógusa. Az 1957-1964 években kidolgozott kutatási témákról. É. M. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1966.
- Kiss Z.: Structuri prefabricate de beton armat. Recomandări pentru alcătuirea constructivă și dimensionarea structurilor în cadre (Előregyártott vasbeton szerkezetek. Ajánlások a vázszerkezetek konstruktív tervezéséhez és méretezéséhez). Ábel Kiadó. Kolozsvár, 2024. ISBN 978-973-114-322-4. Román nyelvű könyv, amelyet a Plan 31 Mérnök Kft. munkatársai fordítottak magyar nyelvre.
- Kiszely Gy.: A konverteres acélgyártás XX. századi története Magyarországon. Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat. 119. évfolyam. 1986. 2. szám. pp. 66-73.
- Kjeldahl, J.: Neue Methoden zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschrift für Analytische Chemie. Band 22. pp. 366-382. Wiesbaden, 1883.
<https://doi.org/10.1007/BF01338151>
- Klausen, D. – Hoscheid, R. – Lieblang, P.: Technologie der Baustoffe. Handbuch für Studium und Praxis. VDE Verlag GmbH. Berlin, 2013.
- Klein, M. (szerkesztő): Einführung in die DIN-Normen. 14. Auflage. Teubner Verlag. Wiesbaden; Beuth Verlag GmbH. Berlin, Wien, Zürich, 2008.
- Kleinschrodt, R.: Polarisationsmikroskopie am Institut für Mineralogie und Geochemie. Universität Köln. Kézirat. Évszám nélkül (2001. előtt)

- Koch, A. – Steinegger, H.: Ein Schnellprüfverfahren für Zemente auf ihr Verhalten bei Sulfatangriff. Zement-Kalk-Gips. Nr. 7. S. 317. (1960)
- Koch, K. – Würth, E.: Wasseranspruchs- und Stoffraumrechnung für Beton”, beton. Jg. 21 (1971), Heft 8. pp. 342-347.
- Kopecskó K. – Balázs Gy.: Kloridkötés betonban. 1. rész: A C_3A és C_4AF aluminát klinkerek kloridion megkötő képessége. Vasbetonépítés. VIII. évfolyam. 2006. 4. szám, pp. 116-124. 2. rész: A cementkő kloridion megkötő képessége. Vasbetonépítés. X. évfolyam. 2008. pp. 55-64.
- Kopecskó K.: A kloridionok jelenléte és behatolásuk vizsgálata betonban. I. rész: A kloridionok jelenléte, szerepük az acélbetét korróziójában, behatolásuk betonba. Beton. XXI. évfolyam. 2013. 9-10. szám, pp. 3-6.
- Kopecskó K.: A kloridionok jelenléte és behatolásuk vizsgálata betonban. II. rész: A kloridionok behatolásának vizsgálata betonban, diffúziós és elektromos vizsgálati módszerek összehasonlítása. Beton. XXII. évfolyam. 2014. 1-2. szám, pp. 8-12.
- Kopecskó K. (altémafelelős): Fokozott kémiai ellenállóképességű beton. pp. 29-33. In: Fokozottan ellenálló képességű (kémiai korrózió ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése. NVKP_16-1-2016-0019 kutatást záró kiadvány. (NVKP: Nemzeti versenyképességi és kiválósági program) Budapest, 2021. https://em.bme.hu/sites/default/files/page/NVKP_16-1-2016-0019%20%20projektzáró%20kiadvány%20FINAL%20web%20HIRES.pdf
- Korányi I.: Tartók sztatikája. I. kötet. Sztatikailag határozott tartók. 2. füzet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1957.
- Korda J.: A rugalmas-képlékeny anyagok húzó-, illetve nyomószilárdságának minősítése valószínűségelméleti alapon. Mélyépítéstudományi Szemle. 1972. 4. szám,
- Korda J.: Valószínűségelméleti szilárdságtan. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1973.
- Korda J. – Szalai K.: A szerkezeti betonok szilárdsági követelményei és minősítésük. Mélyépítéstudományi Szemle. XXIII. évfolyam. 1973. évfolyam. 3. szám, pp. 117-125.
- Kordts, S. – Breit, W.: Beurteilung der Frischbetoneigenschaften von Selbstverdichtendem Beton. beton. Jg. 53. Heft 11. S. 565–571. 2003.
- Kordts, S. – Breit, W.: Beurteilung der Frischbetoneigenschaften von selbstverdichtendem Beton. Betontechnische Berichte von 1998-2003. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf, pp. 113-123.
- Koris K. – Pécely A.: Előfeszített vasbeton tartó számítása az EUROCODE szerint. Segédlet v2.4 (Nem véglegesített szöveg) Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Hidak és Szerkezetek Tanszéke. Budapest, 2000. <https://adoc.pub/elfeszitett-vasbeton-tarto-szamitasa-az-eurocode-szerint.html>

- Kovács I.: Szálerősítésű beton modellezése egytengelyű húzó igénybevétel esetén. In: Szálerősítésű betonok – kutatástól az alkalmazásig. Konferencia-kiadvány. *fib* Magyar Tagozata. Szerkesztette: Balázs L. György. Budapest, 1999. pp. 171-193.
- Kovács I. – Hajdu F.: A fabeton tulajdonságainak és mechanikai jellemzőinek vizsgálata. Vasbetonépítés. XVII. évfolyam. 2015. 4. szám, pp. 5-14.
- Kovács J. szerkesztő): Cement-Beton Zsebkönyv. Duna-Dráva Cement Kft. Vác, 2007
- Kovács J. – Lengyel G. – Martin B. – Orbán Z. – Tóth L.: A csepeli szennyvíztisztító telep betonjai CEM III/B 32,5 N-S és CEM II/A-V 32,5 R-S szulfátálló cementekkel, Beton, XVI. évfolyam. 2008. 1. szám, pp. 8-11.
- Kovács K.: Nukleáris alkalmazású vasbetonok. Vasbetonépítés. 2019. 2. szám, pp. 26-31.
- König, G. – Soukhov, D. – Jungwirth, F.: Sichere Betonproduktion für Stahlbetontragwerke. Schlußbericht. DBV 199. Braunschweig, 1998.
- König, G. – Viet Tue, N. – Zink, M.: Hochleistungsbeton. Bemessung, Herstellung und Anwendung. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2001.
- Krenkler, K.: Chemie des Bauwesens. Band 1. Anorganische Chemie. Springer-Verlag Berlin/Heidelberg GmbH, 1980.
- Kriston E. – Sági E. – Tóth G.: Jogi alapismeretek. Ideiglenes jegyzet. Novotni Kiadó. Miskolc, 2016. <http://jogikar.uni-miskolc.hu>
- „Kronikás”, ismeretlen szerző: Az alsóhámori vasgyár. Bányászati és Kohászati Lapok. XLVII. évfolyam. 1914. I. kötet. 3. szám. pp. 178-179.
- Kropp, J. – Hilsdorf, H. K.: Performance criteria for concrete durability. State of the art report prepared by RILEM Technical Committee TC 116-PCD. Permeability of concrete as a criterion of its durability. RILEM Report 12, E & FN SPON, London, 1995.
- Krüger, M.: Prüfmethode zur Untersuchung der Verarbeitbarkeit von selbstverdichtenden Betonen, Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen. Festschrift zum 60. Geburtstag von H.-W. Reinhardt. (Ed. C. Grosse) Hamburg: Libri, 1999, pp. 177-191.
- Kubinyi F.: A Kassa hegyaljai társulat érdekében. Az 1864-ik évi nov. 16-án tartott ülésben felolvasott jelentés. A Magyarhoni Földtani Társulat munkálatai, 3. kötet (1867), pp. 35-40., http://epa.oszk.hu/02000/02013/00003/pdf/EPA02013_magyarhoni_foldtani_tarsulat_1867_035-040.pdf
- Kunszt Gy.: Bauxitadalékú sugárvédő nehézbeton. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1962.
- Kupfer, H.: DAfStb Heft 229. Das Verhalten des Betons unter mehrachsiger Kurzzeitbelastung unter besonderer Berücksichtigung der zweiachsigen Beanspruchung. Bau und Erprobung einer Versuchseinrichtung für zweiachsige Belastung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 1973.
- Kurutzné Kovács M. – Bojtár I.: Szilárdságtan. Előadások vázlata. BME Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék.

- http://www.epito.bme.hu/me/oktatas/feltoltesek/BMEEOT_MAT04/sziltan_oravazlat_07.pdf, Budapest, 2006.
- Kusterle, W. – Jäger, J. – John, M. – Neumann, Ch. – Röck, R.: Spritzbeton im Tunnelbau. Beton-Kalender 2014. Band 1., pp. 305-390., Jahrgang 103., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Kühl, H.: Prot. der Verhandl. des Vereins Deutscher Portlandzement-Fabrikanten. 1913. p. 399.
- Kühl, H.: Zementchemie, 3. Aufl., VEB Verlag Technik. Berlin
Band I: Grundlagen, 1956;
Band II: Wesen und Herstellung, 1958;
Band III: Erhartung und Verarbeitung, 1961.
- Kühl, P.: Frost-Tau- und Frost-Tausalzuntersuchungen. Diplomarbeit. Grin Verlag, 2003.
- Kühlmeier, M.: Die nichtzentrale t-Verteilung: Grundlagen und Anwendungen mit Beispielen. (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 31, Band 31) Springer Verlag. Berlin – Heidelberg – New York, 1970.
- Lampl H. – Sajó E.: A beton. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1914.
- Lang, E.: Einfluss unterschiedlicher Karbonatphasen auf den Frost-Tausalzwiderstand – Labor- und Praxisverhalten. BetonInformationen. 2003. No. 3., pp. 39-57.
- Langer, M.: Container- und Logistikflächen in Betonbauweise. update 58. Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton – M VaB, 3. rész. Straßen- und Verkehrswesen FGSV. FGSV-Verlag. Köln, 2020.
- Lawrence, C. D.: Transport of oxygen through concrete: To be presented at The British Ceramic Society meeting „Chemistry and chemically-related properties of cement”, London, 12-13 April 1984. London, 1984. CCA Paper for publication 382.
- Lázár J.: Gépileg zúzott kőanyagok szemszerkezetéből levonható következtetések. Építőanyag. 2. évfolyam. 1950. 3-4. szám. pp. 57-71.
- Lázár J.: Zúzottkő halmazok szemszerkezeti kérdései. Fejezet „A kőbányászati kézikönyv” II. kötetében. pp. 222-253. (Ozorai szerk., II. kötet, 1954)
- Lázár J.: Die Gesetzmässigkeiten der Korngrößenverteilung maschinell zerkleinerten Materialhaufen. Acta Technica. Tomus XVII. Fasciculi 1-2. pp. 175-217. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1957.
- Lázár J.: Állandó telepítésű kőbányaüzemek elrendezése. Fejezet „A kőbányászati kézikönyv” III. kötetében. pp. 5-50. (Ozorai szerk., III. kötet, 1958)
- Lázár J.: Begründung des Verhaltens der Gewichtsverteilungskurven zerkleinerter Materialhaufen. Acta Technica. Tomus XXVIII. Fasciculi 1-2. pp. 167-185. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1960.
- Lázár J.: Kísérletek törőgépekkel. Építőanyag. 16. évfolyam. 1964. 7. szám. pp. 259-266.

- Lehn, J. – Wegmann, H.: Einführung in die Statistik. Teubner Studienbücher Mathematik. B. G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2006.
- Lehrmann, W.: Beitrag zur Kenntniss der sterischen Hinderung chemischer Reaktionen. Inaugural-Dissertation von Erlangung der Doktorwürde der hohen philosophischen Fakultät der kgl. b. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen. Különlenyomat. K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Fr. Junge (Junge & Sohn). Erlangen, 1897.
- Lengyel G. – Sármay A. – Csiki B.: A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep. 1. rész: A projekt általános ismertetése. Beton. XII. évfolyam. 2010. 1. szám, pp. 1-7.
- Leonhardt, F.: Vorlesungen über Massivbau. Fünfter Teil: Spannbeton. Nachweise der Schwind- und Kriecheinflüsse von D. Schade. Grenznachweise mit der Plastizitätstheorie von R. Walther. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg – New York, 1980.
- Lewandowski, R.: Beurteilung von Bauwerkfestigkeiten an Hand von Betongütekübeln und -bohrproben. Dissertation. Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. 1970. és Werner-Verlag, Düsseldorf, 1971.
- Lichter T. – Szamosi A. G. – Mészáros Zs.: A Néprajzi Múzeum dongaboltzatának rabicszerkezete. Kő. XIV. évfolyam. 2012. 3. szám, pp. 34-39.
- Lieboldt, M.: Feinbetonmatrix für Textilbeton. Anwendungen – baupraktische Adaption – Eigenschaften. In: Verstärken mit Textilbeton. pp. 22-28. In: Beton- und Stahlbetonbau Spezial. Januar 2015. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2015.
- Lieshoff, C. – Dahnert, I. – Weinberg, S. – Herzig, D. – Turek, B. – Reike, F.: Bestimmung des Kaliumpermanganatverbrauchs. Bielefeld, 2006. AG Gewässerökologie des Maria-Stemme-Berufskollegs der Stadt Bielefeld. (http://www.lutter-leben.de/html/kmno4_verbrauch.html)
- Liptay Gy.: Paulik testvérek. Magyar Kémiai Folyóirat. 121. évf. 2015. 4. szám. pp. 156-159.
- Lipus, K. – Thielen, G.: Schadenpotenzial durch Thaumasitbildung. In: In: DAfStb Heft 554. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2006.
- Loch, M.: Beitrag zur Bestimmung von charakteristischen Werkstofffestigkeiten in Bestandstragwerken aus Stahlbeton. Dissertation. Kaiserslauten, 2014.
- Lohaus, L.: Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken im Wasserbau. 2. Krefelder Planertag am 31. Oktober 2007. Gütegemeinschaft Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken e.V., Krefeld, 2007.
- Lohaus, L. – Petersen, L. – Griese, R. – Anders, S.: Beton im Kraftwerksbau. In: Beton-Kalender. 2011. Band I. pp. 435-515. Ernst & Sohn Verlag GmbH. Berlin, 2011.
- Lohmeyer, G. – Ebeing, K.: Weiße Wannen einfach und sicher. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2009.

- Lohmeyer, G. – Ebeling, K. – Bergmann, H. W.: Stahlbetonbau. Bemessung – Konstruktion – Ausführung. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden, 2010.
- Loser, R. – Leemann, A.: Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhand D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis. Schweizerische Eidgenossenschaft. Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern. 2011.
- Lósy-Schmidt E. – Barát B. (szerkesztők): Technikai Lexikon. Kétkötetes mű. Győző Andor kiadása. Budapest 1928.
- Lowke, D.: Sedimentationsverhalten und Robustheit Selbstverdichtender Betone. Optimierung auf Basis der Modellierung der interpartikulären Wechselwirkungen in zementbasierten Suspensionen. Doktorische Arbeit. Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung. München, 2013.
<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1137343/1137343.pdf>
- Lublóy É. Majorosné (altémafelelős): Fokozottan tűzálló beton. pp. 20-24. In: Fokozottan ellenálló képességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése. NVKP_16-1-2016-0019 kutatást záró kiadvány. (NVKP: Nemzeti versenyképességi és kiválósági program) Budapest, 2021.
https://em.bme.hu/sites/default/files/page/NVKP_16-1-2016-0019%20%20projektzáró%20kiadvány%20FINAL%20web%20HIRES.pdf
- Lublóy É. – Hlavička V. – Kapitány K. – Balázs L. Gy.: Beton vizsgálata CT-vel. pp. 151-169. In: Fokozottan ellenálló képességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése. NVKP_16-1-2016-0019 kutatást záró kiadvány. (NVKP: Nemzeti versenyképességi és kiválósági program) Budapest, 2021.
https://em.bme.hu/sites/default/files/page/NVKP_16-1-2016-0019%20%20projektzáró%20kiadvány%20FINAL%20web%20HIRES.pdf
- Lublóy É. Majorosné: Lásd: Majorosné Lublóy É.
- Ludwig, H-M. – Thiel, R.: Hochleistungsfeinkornbetone. Eigenschaften und Anwendungsperspektiven. Betonwerk+Fertigteile-Technik. 2004. 2. szám, pp. 26-27.
- Ludwig, W.: Die Eisenhütte Mägdesprung. Mägdesprunger Hefte Nr. 1. 3. überarbeitete und stark erweiterte Auflage. Mägdesprung, 2019.
- Lukács Gy.: A korszerű színmérés problémái. Mérés és Automatika. XIX.vfolyam. 1971. 12. szám, pp. 434-445.
- Lukács O.: Matematikai statisztika. Példatár. Megjelent a Bolyai-könyvek sorozatában. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 2002.
- Lura, P.: Werkstoffe I. Verformbarkeit (zeitabhängiges Verhalten). EMPA. ETHZ. Frühjahrssemester 2011.
http://www.ifb.ethz.ch/education/bachelor_werkstoffe1/2011FS/Vorlesung03_VerformbarkeitZeit_folien.pdf

- Lü, Sufang: DAFStb Heft 504. Schubtragverhalten von Stahlbetonbauteilen mit rezyklierten Zuschlägen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2000.
- Lüders, W. L.: Über die Äusserung der Elasticität an stahlartigen Eisenstäben und Stahlstäben, und über eine beim Biegen solcher Stäbe beobachtete Molecularbewegung. Polytechnisches Journal. Herausgegeben von Dr. Emil Maximilian Dingler. Stuttgart und Augsburg. Druck und Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung. Hundertfünfundfünfzigster Band. Vierte Reihe. Fünfter Band. Erstes Heft. 1860. VIII. Artikel. p. 18–22.
<http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj155/ar155008> a DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) Német Kutatási Munkaközösség digitalizált kiadványa
- Madaleno, A. C. L.: Erfassung von Verformungs- und Spannungszuständen im jungen Beton infolge Temperatur. Dissertation. Bauhaus-Universität Weimar, 2002.
- Magyar Életrajzi Lexikon
Magyar Építőipari Katalógus. Lásd: Kenyeres Á. (főszerkesztő)
1. kötet. Építőanyagok. Szerkesztette: Albert János és Székely Ádám. ÉTK Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1969.
- Magyar Közút Nonprofit Zrt.: Az útügyi szabályozásról. http://internet.kozut.hu/SiteCollectionDocuments/UMSZ_2013_01_15.pdf
- Magyar Szabványügyi Hivatal: A magyar népköztársasági országos szabványok – MNOSZ – teljes jegyzéke. Tervgazdasági Könyvkiadó. Budapest, 1953.
- Magyar Szabványügyi Hivatal: Szabványgyűjtemények. 2. kötet. Falazóelemek, kötőanyagok. Szabványkiadó. Budapest, 1973.
- Magyar Tudományos Akadémia: A magyar helyesírás szabályai. Tizenegyedik kiadás. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1984.
- Magyar Tudományos Akadémia: A magyar helyesírás szabályai. Tizenkettedik kiadás. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2015.
- Magyari B.: Az összetétel hatása a szálerősítésű beton és habarcs tulajdonságaira. *fib* konferencia-kiadvány. Szerkesztette: Balázs L. György. pp. 114-121. Budapest, 1999.
- Majorosné Lublós É.: Betonanyagú szerkezetek tűzállósága. MTA doktori értekezés. Budapest, 2021. http://real-d.mtak.hu/1401/46/Majorosné%20Lublós%20Éva%20doktori_mu.pdf
- Makray I.: A cement. II./23. fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai. Első rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 369-379. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Manfred, C. – Sebastian, M. – Müller, E. – Schumann, A. – Schütze, E. – Wagner, J.: Verstärken mit Carbonbeton. Beton-Kalender. 2022. Band II. pp. 761-804. Ernst & Sohn Verlag GmbH, Berlin.
- Mangat P. S. – Molloy B. T.: Factors Influencing Chloride induced Corrosion of Reinforcement in Concrete. Materials and Structures. Vol. 25. 1992, pp. 404-411.

- Mangat, P. S. – Molloy, B. T.: Prediction of long term chloride concentration in concrete. Materials and Structures. Vol. 27. 1994, pp. 338-346.
- Mangat, P. S. – Limbachiya, M. C.: Effect of initial curing on chloride diffusion in concrete repair materials. Cement and Concrete Research. Vol. 29. 1999, pp.1475-1485.
- Mann, O.: Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit von Beton. beton. 2011. No. 1+2, pp. 14-18.
- Maringer, F. J.: Radiation exposure from radionuclides in building materials: existing regulations and standards in Austria. 2009. DOI: 10.13140/RG.2.2.29752.75522
- Markó L. – Burucs K. – Balogh M. – Hay D.: A Magyar Tudományos Akadémia tagjai 1825-2002. I.-III. kötet. MTA Társadalomkutató Központ Tudománytára. Budapest, 2003. <http://real-eod.mtak.hu/7573/>
- Martin, G. – Blythe, C. E. – Tongue, H.: Researches on the theory of fine grinding. Part I.: Law Governing the Connection between the Number of Particles and their Diameters in Grinding Crushed Sand. Trans. Ceram. Soc. (England). Vol. 23. 1923-1924. pp. 61-109.
- Marx, S. – Grünberg, J. – Hansen, M. – Schneider, S.: DAfStb Heft 618. Sachstandbericht. Grenzzustände der Ermüdung von dynamisch hoch beanspruchten Tragwerken aus Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2017.
- Massányi T. – Dulácska E.: Statikusok kézikönyve. Magasépítés. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1989.
- Maurer, R. – Heeke, G. – Kiziltan, H. – Kolodziejczyk, A.: Nachrechnung von Betonbrücken zur Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Bauwerke. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (bast), Brücken- und Ingenieurbau. Heft B 89. Bergisch Gladbach, 2012.
- MAÚT: Útügyi előírások 2007. Műszaki szabályozási tudnivalók. MAÚT. Budapest, 2007.
- MAÚT: Útügyi műszaki előírások. MAÚT. Budapest, 2010. http://internet.kozut.hu/SiteCollectionDocuments/2010_szeptember_honlap.pdf
- May, M.: Verstärken mit Carbonbeton. Bulletin exklusiv. Carbofit. Ernst & Sohn Verlag GmbH. Berlin, 2022. https://www.ernst-und-sohn.de/sites/default/files/bulletin_exklusiv_carbocon.pdf
- Márkus J.: Zsírok, olajok, szappanok. V./13. fejezet „A természet világa. VI. A kémia és vívmányai. Második rész” című könyvben (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula), pp. 250-260. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Mehmet, A.: Über einige Grundlagen des modernen Massivbaus. Der Bauingenieur. Jg. 42. 1967, Berlin
- Meiswinkel, R. – Meyer, J. – Schnell, J.: Bautechnik im Kernkraftwerksbau. In: Beton-Kalender. 2011. Band I. pp. 343-432. Ernst & Sohn Verlag GmbH. **Berlin, 2011.**
- Meißner, M.: DAfStb Heft 505. Biegetragverhalten von Stahlbetonbauteilen mit rezyklierten Zuschlägen.

- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2000.
- Mélyépítő Vállalat évkönyve
Mészáros Gy. – Varnyú F.: Kiadó: Prieszol József vezérigazgató, Budapest, 1980.
Műszaki anyagismeret. Öntöttvasak hőkezelése. 2011. Elektronikus jegyzet. Támop-4.1.2 A1, Támop-4.1.2 A2. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0013_meszaros_muszaki_anyagismeret/bevezets.html
- Michaelis, W.: Die hydraulischen Mörtel. 1868.
Michaelis, W.: Der Cement-Bacillus. Tonindustrie-Zeitung. Jg. 16. 1892, pp. 105-106.
- Michelberger P. – Szeidl L. – Várlaki P.: Alkalmazott folyamatstatistika és idősor-análízis. Typotex Kiadó. Budapest, 2001.
- Mihailich Gy.: A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára. Matematikai és Természettudományi Értesítő. 1936, pp. 30.
- Mihailich Gy.: A beton és vasbetonépítés újabb fejlődése. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai. III. kötet. 14. füzet. Budapest, 1942.
- Mihailich Gy. – Palotás L.: Vasbetonépítéstan. 1. kötet. A vasbeton szilárdságtana. Tankönyvkiadó. Budapest, 1964.
- Mihailich Gy. – Schwertner A. – Gyengő T.: Vasbetonszerkezetek elmélete és számítása. Németh József Technikai Könyvkiadó Vállalata. Budapest, 1946.
- Mihálik J.: Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens. Zweite Auflage. Theobald Grieben, Berlin, 1860.
- Mises, R.: Über die Variationsbreite einer Beobachtungsreihe. Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft. 22. (máshol: 222.). pp. 3-8. Berlin, 1923.
- Mises, R.: Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit: Einführung in die neue Wahrscheinlichkeitslehre und ihre Anwendung. Springer. Wien, 1936.
- Mises, R.: La distribution de la plus grande de n valeurs. Revue Mathématique de l'Union Interbalcanique. 1936. 1. pp. 1-20. (máshol: pp. 141-160.). Reprinted in „Selected Papers of Richard von Mises”. Amer. Math. Soc. 2. 1964. pp. 271-294.
- Mistéth E.: Erőtani méretezés valószínűségelméleti alapon. Építésügyi Minőségellenőrző Intézet kiadványsorozata. 23. szám. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.
- Mistéth E.: Építőanyagok küszöbszilárdságának valószínűségi sűrűségfüggvénye. Tanulmány. Építéstudományi Intézet. Budapest, 1977.
- Mistéth E.: A keresztmetszeti mennyiség valószínűségelméleti alapon való meghatározása. Vasbetonépítés II. évfolyam. 2000. 4. szám, pp. 106-111.
- Mistéth E.: Méretezélmélet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2001.
- Mlinárik L. – Kopecskó K.: Metakaolin – egy új cement kiegészítő anyag. Mérnökgeológia-Közetmechanika. 2011. pp. 357-362.
- Mohr, R.: Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Expert Verlag. Renningen, 2008.

- Mohs, F.: Versuch einer Elementar-Methode zur naturhistorischen Bestimmung und Erkennung der Fossilien. Erster Theil. Wien, in der Camesinaschen Buchhandlung. 1812.
- Mohs, F.: Die Charaktere der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, oder die Characteristik des naturhistorischen Mineral-Systemes. Zweite, verbesserte Auflage. Der Arnoldischen Buchhandlung, Dresden, 1821.
- Mohs, F.: Grundriss der Mineralogie. Arnoldischen Buchhandlung. Dresden, 1822.
- Monostory I.: Valószínűségelmélet és matematikai statisztika. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2002.
- Moro, J. L.: Baukonstruktion vom Prinzip zum Detail. Band 1. Grundlagen. Springer Verlag. Berlin – Göttingen – Heidelberg, 2009.
- Möller K.: Építőanyagok tartóssága. II. közlemény. Technika. A magyar mérnökök lapja. XI. évfolyam. 2. és 3. szám. 1930. február-március hó. pp. 93-99.
- Mörsch, E.: Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung, Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart, 1908.
- MSZT: Az építési termékek CE-jelölése lépésről lépésre. Budapest, 2015.
- Murthy, D. N. P. – Xie, M. – Jiang, R.: Weibull Models. Wiley-Interscience. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. Hoboken, New Jersey and Canada, 2004.
- Mutton, A.: Die Anwendbarkeit der Plastizitätstheorie in der Bemessung von Stahlbeton. Institut für Baustatik und Konstruktion. ETH Zürich. IBK Bericht Nr. 176. Birkhäuser Verlag. Basel, Juni 1990. 158 pp.
- Muttoni, A. – Schwarz, A. – Thürlimann, B.: Bemessen und Konstruieren von Stahlbetontragwerken mit Spannungsfeldern. Birkhäuser Verlag. Basel, 1997.
- Muttoni, A.: Betonbau. Einführung in die Norm SIA 262. Auszug der Dokumentation D 0182 SIA. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, 2003.
- Müller, Ch. – Dora, Bernd: DAfStb Heft 506. Verwertung von Brechsand aus Bauschutt. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2000.
- Müller, Ch. – Eickhard, E. – Breitenbücher, R. – Köster, C.: Überprüfung des Zeitbeiwerts für Fahrbahndeckenbetone. Griffig. Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton. pp. 2-7., Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V., Düsseldorf, 1/2013.
- Müller, Ch.: Zement und seine Anwendung. Beton-Kalender. 2017. Band I. pp. 235-293. Verlag Ernst & Sohn. Berlin
- Müller, H. S. – Haist, M.: Selbstverdichtender Leichtbeton. Betonwerk + Fertigteiltechnik, Heft 12. 2004.
- Müller, H. S. – Mechtcherine, V.: Selbstverdichtender Leichtbeton. In: DAfStb Heft 516. Sachstandsbericht. Selbstverdichtender Beton (SVB), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 74-84. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2001.
- Müller, H. S. – Reinhardt, H.-W.: Beton. Beton-Kalender. 2009. Band 1. pp. 1-150. Verlag Ernst & Sohn. Berlin

- Müller, H. S. – Guse, U.: DAfStb Heft 577. Zusammenfassender Bericht zum Verbundforschungsvorhaben „Übertragbarkeit von Frost-Laborprüfungen auf Praxisverhältnisse“. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien Zürich, 2010.
- Müller, H. S. – Böhner, E.: Rissbildung infolge Bewehrungskorrosion. In: DAfStb Heft 602. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 2: Dauerhaftigkeitsbemessung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 1-45. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Müller, H. S. – Wiens, U.: Beton. Beton-Kalender. 2016. Band I. pp. 1-168. Verlag Ernst & Sohn. Berlin
- Müller, S.: Baustofflösungen heute und morgen Bauen mit Carbonbeton (2018)
https://www.cemex.com/documents/46167902/46169648/BF18_Baustoffl%C3%B6sungen+heute+und+morgen+-+S.+M%C3%BCller.pdf/01b25bdb-a7a9-08bf-a7c3-a65319608db1
- Nagy G.: A Polinvent Kft. 3P gyanta termékei és fejlesztési eredményei. Műanyag és Gumi. 41. évf. 2004. 8. szám. pp. 292-297.
- Nagy K.: Termodinamika és statisztikus mechanika. Tankönyvkiadó Vállalat. Budapest, 1991.
- Nagy R.: Az öngyógyuló aszfalt. Mérnök Újság. XXIX. évfolyam. 5. szám. 2022. május. pp. 26-28.
- Nash, R. A.: A Relationship Between Screen Opening and Mesh Size for Standard Sieves. Pharmaceutical Development and Technology. 2:2, pp. 185-186. 1997.
- Navi, Louis: Work of Martin and Co-workers. 2015.
https://archive.org/stream/in.ernet.dli.2015.16028/2015.16028.Colloid-Chemistry-Vol-iii_djvu.txt
- Nehme S. G.: Nanocement. Mérnök Újság. XXIX. évfolyam. 5. szám. 2022. május. pp. 24-25.
- Nemegeer, D. E. - Teutsch, M.: Möglichkeiten und Anwendungsgebiete des Stahlfaserbetons. Betonwerk + Fertigteil-Technik. Jg. 59. 1993. Heft 11. pp. 74-80.
- Nemes R. – Gyömbér Cs.: Könnyűbeton adalékanyagok összehasonlító vizsgálata. TDK dolgozat. Konzulens: Józsa Zs. BME Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszék, 2001. október)
- Nemesdy E.: Utak és autópályák pályaszerkezete. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1971.
- Nendtvich (máshol Nendtwich) G.: A hydraulikus kötőanyagok és a hazai cementek és cementgyárak. Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Nemes R. – Gyömbér Cs.: Könnyűbeton adalékanyagok összehasonlító vizsgálata. TDK dolgozat. Konzulens: Józsa Zs. BME Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszék, 2001. október)
- Nernst, H. W. (reprint): Begründung der Theoretischen Chemie. Neun Abhandlungen 1889-1921. (Walther Nernst kilenc

- tanulmányának reprint kiadása, *Hermann Berg* bevezetésével.) Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH. Frankfurt am Main, 2003.
- Neumüller, O.-A. (szerkesztő): Römpf Vegyészeti Lexikon. 1.-4. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1981-1984. A Römpf Vegyészeti Lexikon négykötetes magyar kiadása a *Neumüller-féle* 7. kiadás (1977) *Polinszky Károly* Kossuth-díjas vegyészmérnök, a kémiai tudomány doktora, egyetemi tanár, akadémikus vezetésével kiegészített változata
- Neville, A. M.: Properties of Concrete. Longman group Ltd., 1995.
- Neville, A. M.: Properties of Concrete. 5th edition. Pearson Always Learning India. London, 2012.
- Nischer, P.: Verbesserung der Betoneigenschaften durch Optimierung der Betontechnologie. Beton + Fertigteil-Jahrbuch. 44. Ausgabe. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1996, pp. 78-85.
- Nischer, P. – Macht, J.: Weiche Betone mit verschiedenem Mehlkorn. Maßnahmen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Betonwerk und Fertigteil-Technik. Jg. 72. 2006. No. 8, pp. 42-53.
- Nothnagel, R.: Hydratations- und Strukturmodell für Zementstein. Dissertation. Schriftenreihe des Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. Heft 200. Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 2007.
- Novák D. – Novák E.: Slagstar® 42,5 N C₃A-mentes új speciális cementfajta az agresszív kémiai korrózió ellen. Vasbetonépítés. XI. évfolyam. 2009. 3. szám, pp. 92-96.
- Nürnberg, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen. Band 1: Grundlagen Betonbau. Band 2.:Metallbau. Wiesbaden Bauverlag. Wiesbaden und Berlin, 1995.
- Nyilasi J.: Általános kémia. 2. javított kiadás. Gondolat Kiadó. Budapest, 1980.
- Nyitrai D. – Jung J. – Harcsik B.: Az acélgépjártás korszakai Diósgyőrben (2. rész). ISD Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények. LIV. évfolyam (182). 2016. 3. szám pp. 103-113.
- Okamura, H. – Ozawa, K.: Mix-Design for Self-Compacting Concrete. Concrete Library of JSCE No. 25. June 1995. pp. 107-120.
https://nanopdf.com/download/concrete-library-of-jsce-no-25-june-1995_pdf
- Okamura, H.: Self-Compacting High-Performance Concrete. In Concrete International. 19 (1997). Nr. 7. pp. 50-54.
- Orosz Á.: Biztonság és kockázat. Mérnök Újság. XXIII. évfolyam. 5. szám. 2016. május. pp. 29-31.
- Osterminski, K. – Tian, W. – Schießl, P. – Gehlen, Ch.: Elektrolytwiderstand von Beton und Korrosion in gerissenem Beton. In: DAfStb Heft 601. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 1: Systemparameter der Bewehrungskorrosion. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 101-118. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Osterminski, K. – Schießl, P.: Voll-probabilistische Modellierung von Bewehrungskorrosion: Ein Beitrag zur

- Ország J.: Dauerhaftigkeitsbemessung. In: DAfStb Heft 602. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 2: Dauerhaftigkeitsbemessung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 89-129. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Ország J.: A tárolóban lévő esővíz minősége. Ország József munkáin alapuló tanulmány, 2011.
<http://www.eautarcie.com/hu/03b.html>
- Ország L. – Magay T.: Angol-magyar Nagyszótár. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1998.
- Osztatni M.: Konverteracélgyártás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1982.
- Óvári A. (szerkesztő): Vaskohászati kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1985.
- Owen, D. B.: Handbook of statistical tables. Addison-Wesley Publishing Company. Reading Massachusetts, Palo alto. London, 1962.
- Ozorai Gy. (szerkesztő): A kőbányászat kézikönyve. I. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1955; II. kötet. Építésügyi Kiadó. Budapest, 1954; III. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1958.
- Pade, C. – Jakobsen, U. H. – Elsen, J.: A New Automatic Analysis System for Analyzing the Air Void System in Hardened Concrete. Proceedings of the International Cement Microscopy Association, pp. 204-213., ed. Jany, L. and Nisperos, A. San Diego, 2002.
- Palotás L.: A beton. Fejezet a Möller Károly szerkesztésében megjelent Építési Zsebkönyvben, pp. 37-78. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda kiadása. Budapest, 1934.
- Palotás L.: A beton. Fejezet a Möller Károly szerkesztésében megjelent Építési Zsebkönyvben, pp. 160-205. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda kiadása. Budapest, 1938.
- Palotás L. (szerkesztő): A vasbeton. Magyar Építőmesterek Egyesülete. Budapest, 1947.
- Palotás L.: Minőségi beton. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat. Budapest, 1952.
- Palotás L. (szerkesztő): Mérnöki Kézikönyv. Első sorozat. I. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1955.
- Palotás L. – Veress S.: Építőanyagok. Kézirat. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat (7-3587). Budapest, 1957.
- Palotás L. (szerkesztő): Műszaki értelmező szótár 1. Építőanyagok. Terra Kiadó. Budapest, 1958.
- Palotás L.: Építőanyagok. I. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959.
- Palotás L.: Építőanyagok. II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1961.
- Palotás L. – Szerémi L.: Keretszámító eljárások. Kézirat (Jegyzet). Tankönyvkiadó. Budapest, 1962.
- Palotás L. – Balázs Gy. – Kilián J.: Építőanyag praktikum. Kézirat. Tankönyvkiadó. Budapest, 1964.
- Palotás L.: Vasbetonépítéstan. 2. kötet. Magasépítési szerkezetek. Tankönyvkiadó. Budapest, 1967.
- Palotás L. – Kilián J. – Balázs Gy.: Betonszilárdítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1968.
- Palotás L.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. kötet. Általános anyagismeret. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979.

- Palotás L.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 2. kötet. Fa – Kő – Fém – Kötőanyagok. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979.
- Palotás L. – Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. kötet. Beton – Habarcs – Kerámia – Műanyag. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.
- Palotás L. (szerkesztő): Mérnöki Kézikönyv. Második sorozat. II. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1984.
- Pallas Nagy Lexikona Az összes ismeretek enciklopédiája. 18. kötetes mű; több, mint 150 ezer címszóval és tízezer ábrával. Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest, 1893-1900. Az Arcanum Digitális Tudománytárban is olvasható: <https://adt.arcanum.com/hu/>
- Papadakis, M. – Bresson, J.: Contribution à l'étude du facteur de maturité des liants hydrauliques application à l'industrie du béton manufacturé. Revue des Matériaux, Ciments – Betons. Nr. 678. 3/1973. pp. 18-22.
- Pásztor R.: Beton-adalékanyag lelőhelyek. Építésügyi Minőségellenőrző Intézet 40. sz. kiadványa. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1978.
- Pásztor R.: A löttbeton. Építésügyi Minőségellenőrző Intézet 45. sz. kiadványa. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1980.
- Pásztor R.: Betonadalékszerek. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1984.
- Peck, M. – Bosold, D. – Bose, Th.: Technik des Sichtbeton. Planung und Ausführung von Sichtbetonflächen. Verlag Bau+Technik GmbH. Erkrath, 2016.
- Pekár Gy.: Betonkeverék egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása. 1. rész: Betonösszetételi állapotjellemzők. Beton szakmai lap. 2010. október-november. XVIII. évfolyam. 10-11. szám, pp. 3-6.
- Pekár Gy.: Betonkeverék egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása. 5. rész: Konzisztenciát befolyásoló tényezők. Beton szakmai lap. 2011. június. XIX. évfolyam. 6. szám, pp. 3-7.
- Pekár Gy.: Simple basic model for concrete and its application. Part 3. Factors affecting consistency, material balance equations and mix design. Építőanyag. 65. évfolyam. 2013. 4. szám, pp. 118-126.
- Percsich K.: Bevezetés a vízanalitikába. A gyakorlat elméleti háttere környezetmérnök hallgatóknak. SZIE MKK Központi Laboratórium. Gödöllő, 2005.
<http://mkk.szie.hu/dep/chem/targyl/vizanal/bevez.pdf>
- Pesznyák Cs. – Sáfrány G.: Sugárbiológia. Typotex Kiadó. Budapest, 2016.
- Petersons, N.: Strength of concrete in finished structures. Kungliga Tekniska Högskolans Handlingar. 1964. Nr. 232.
- Pécs A.: Magyar és német Bányászati Szótár. II. Német-Magyar rész. Második bővített kiadás. Joerges Ágost özv. és fia kiadása. Selmecz, 1891.
- Pécsi E.: Biztonsági tényező kérdése. Fejezet „A vasbeton” című könyvben, pp. 209-226. Szerkesztette dr. Palotás László. Magyar Építőmesterek Egyesülete. Budapest, 1947.

- Pfeifer, D.: Einführung in die Extremwertstatistik. (Teubner-Skripten zur mathematischen Stochastik). Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. 1989.
- Pickel, W. – Rotfuchs, G.: Bewertung der Kornform von Edelsplitt. Bitumen. 1938. No. 4-5. p. 88.
- Plate, E. J.: Statistik und angewandte Wahrscheinlichkeitslehre für Bauingenieure. Ernst & Sohn. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften. Berlin, 1993.
- Pluzsik T. (főszerkesztő): Cement-beton Kisokos. Holcim Hungária Zrt. Budapest, 2008.
- Pogány B.: A nagyszilárdságú beton néhány problémája. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1957.
- Pomonis, Ph. – Morgellou, A.: The pore length, the pore number and the pore anisotropy distributions in porous materials. Microporous and Mesoporous Materials. Volume 271, pp. 41-51. 2018.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1387181118303007>
- Pónyai Gy.: Szabványosítás és terminológia. Magyar Terminológia. 3. évfolyam. 2010. 1. szám, pp. 3-7.
- Poór J.: Mária Terézia. Rubicon. 1992. 4. szám.
- Popovics S.: A betonadalék szemszerkezetének számszerű jellemzéséről. MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei, 7. kötet. 1952. 1-3. szám, pp. 45-75.
- Popovics S.: Eljárások a betonadalék szemszerkezetének elbírálására. a Mérnöki Továbbképző Intézet jegyzete, Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1953.
- Popovics, S.: Method for developing relationships between mechanical properties of hardened concrete. Journal of the ACI 70. 1973. Nr. 12, pp. 795-798.
- Powers, T. C.: A discussion of cement hydration in relation to the curing of concrete. Proceedings Highway Research Board 27. 1947, pp. 178-188.
- Powers, T. C. – Brownyard, T. L.: Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. Journal of the American Concrete Institute, Proc. 43 (1947); Bulletin 22, Research Laboratories of the Portland Cement Association, Chicago, 1948.
- Powers, T. C.: The non-evaporable water content of hardened Portland-cement paste – its significance for concrete research and its method of determination. ASTM Bulletin 158. 1949, pp. 68-76.
- Powers, T. C. – Helmuth, R. A.: Theory of Volume Changes in Hardened Portland Cement Paste during Freezing, Proc. Highway Research Board 32, pp. 285, 1953.
- Powers, T. C.: Einige physikalische Gesichtspunkte zur Hydratation von Portlandzement. Zement-Kalk-Gips. Jg. 14. 1961. pp. 81–87.
- Pös, A. Bestimmung und Einfluß der Kornform von Zuschlagstoffen. Strasse und Autobahn. 1968. Heft 7. pp. 244-251.

- Pritz T.: Akusztikai anyagok komplex Young-modulusának mérése. SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet 81. sz. Tudományos Közleménye. Budapest, 1984.
- Pritz T.: Rezgéscsökkentő anyagok dinamikai tulajdonságai. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1996.
- Proceq SA: Betonprüfhammer N/NR, L/LR und Digi Schmidt ND/LD Rückprallmessungen und Karbonatisierung. Info. Schwerzenbach (Svájc), 2003.
- Proceq SA: SilverSchmidt. Bedienungsanleitung. Betonprüfhammer. Schwerzenbach (Svájc), 2007.
- Proceq SA: SilverSchmidt. Bedienungsanleitung. Schwerzenbach (Svájc), 2011.
- Quervain, de F.: Über die Klassifizierung des Gesteinsmaterials im Strassenbau. Strasse und Verkehr. Jg. 36. 1950. No. 10, pp. 297-301.
- Quervain, de F.: Untersuchungen an Gesteinsmaterial für bituminöse Strassenbeläge. Strasse und Verkehr. Jg. 39. 1953. No. 3. pp. 63-70.
- Rackwitz, R. – Müller, K. F. – Maaß, G.: Berichte zur Sicherheitstheorie der Bauwerke. Teil 1: Untersuchungen für ein stochastisches Modell der Betondruckfestigkeit sowie zum Qualitätsangebot von Beton. Laboratorium für den konstruktiven Ingenieurbau, Technische Universität München. Heft. 13. 1976.
- Rada, M. C.: Heller Géza brazil szemmel. Magyar Építőművészet. XVII. 94. 2017. 4. szám. p. 84.
<https://meonline.hu/aktualis/passzazs/heller-geza-brazil-szemmel/>
- Rammler, E.: Korngrößenprobleme bei der Siebung und Zerkleinerung. Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Teitschrift. Jahrgang 69. 1933. Nr. 21. pp. 465-471.
- Rammler, E.: Gesetzmässigkeiten in der Kornverteilung zerkleinerter Stoffe. Z. VDI. Beiheft Verfahrenstechnik. 1937. pp. 161-168.
- Rankin, G. A.: The ternary system lime-aluminasilica. With optical study by Fred E. Wright. American Journal of Science. Vol. XXXIX. No. 229. New Haven, Connecticut, January 1915. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/The_American_journal_of_science_%28IA_americanjourna4391915newh%29.pdf
- Rankine, W. J. M.: A Manual of Applied Mechanics. Charles Griffin and Company. London, 1858., 1868., 1891.
<https://www.amazon.com/Manual-Applied-Mechanics-William-Rankine/dp/1163922412?asin=1117568903&revisionId=&format=4&depth=1>
- Raupach, M. – Orlowsky, J.: Erhaltung von Betonbauwerken. Baustoffe und ihre Eigenschaften. Praxis. Vieweg + Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- Raupach, M.: Beurteilung von Feuchte- und Chloridprofilen verschiedener Bauteile. Dauerhafter Beton. Grundlagen, Planung und Ausführung bei Frost- und Frost-Taumittel-Beanspruchung. 6. Symposium Baustoffe und

- Bauwerkserhaltung, Universität Karlsruhe, 12. März 2009, pp. 13-20.
- Raupach, M. – Harnisch, J. – Warkus, J.: Geometrie- und Zeitabhängigkeit der chloridinduzierten Korrosion von Stahl in Beton bei großflächigen Makroelementen. In: DAfStb Heft 601. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 1: Systemparameter der Bewehrungskorrosion. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 59-100. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Rechardt, T.: Betonin lujunden toteaminen poransváyttein. V TT jelentés. Rakkennus 81. Helsinki, 1965.
- Reiner, M.: Entwicklung eines selbstverdichtenden Betons für Lunkerfreie und gegen lösenden Angriff beständige Fertigteile. Masterarbeit. Technische Universität Graz, 2017.
- Reinhardt, H.-W.: Zum Gedenken an Otto Graf, universeller Bauforscher in Stuttgart. Universität Stuttgart. Reden und Aufsätze 71. Herausgegeben im Auftrag des Rektorats der Universität Stuttgart von Ottmar Pertschi, 2006.
- Rejtő S.: Az elméleti mechanikai technológia alapelvei és a fémek technológiája. Első kötet. A belső erők hatása a szilárd anyagok mechanikai tulajdonságaira. Harnadik bővített kiadás. Németh József technikai könyvkereskedő bizománya. Budapest, 1924.
- Rejtő S.: Az elméleti mechanikai technológia alapelvei és a fémek technológiája. Második kötet. A külső erők hatása a szilárd anyagok mechanikai tulajdonságaira. Második bővített kiadás. Németh József technikai könyvkereskedő bizománya. Budapest, 1919.
- Rejtő S.: Az elméleti mechanikai technológia alapelvei és a fémek technológiája. Negyedik kötet. A textilipari technológia. Első kiadás. Németh József technikai könyvkereskedő bizománya. Budapest, 1923.
- Rendchen, K.: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.
- Reznák L.: Útépítésben alkalmazott bitumenes anyagok vizsgálati módszereinek egységesítése. UKI jelentés. Témaszám: 07065029. Budapest, 1965.
- Reznák L. – Ács P.: Kő és kohósalakkő. UKI Útügyi Kutató Intézet. Budapest, 1965.
- Reznák L.: A zúzalékszemek alakját jellemző vizsgálati módszerek és előírások. Mélyépítéstudományi Szemle. 17. évfolyam. 1967. 8. szám. pp. 355-363.
- Reznák L.: A zúzalékszemek alakjának hatása a zúzalékhalmozok egyes tulajdonságaira. Építőanyag. 19. évfolyam. 1967. 8. szám. pp. 294-300.
- Reznák L.: A zúzalékok egyes tulajdonságainak hatása az aszfaltbetonban. Mélyépítéstudományi Szemle. 19. évfolyam. 1969. 10. szám. pp. 442-450.
- Reznák L.: Hozzászólás Kausay Tibor: „Összefüggés a zúzottkő- és kavicstermékek szemalakja és Los Angeles vizsgálat

- szerinti aprózódási vesztesége között" című tanulmányához. Építőanyag. 24. évfolyam. 1972. 2. szám. pp. 79-80.
- Reznák L.: Anforderungen an Gesteinskörnungen in Hinblick auf die moderne Strassenverkehrstechnik in Ungarn. Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen im Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein. Heft 65. Tagung der Arbeitsgruppe „Steinstrassen und Steinmaterial“. Nr. 8. 1974. pp. 19-25.
- Reznák L. – Kovács J. – Badinszky P.: Hazai útépitési kőanyagok. KTI Közlekedéstudományi Intézet 1. sz. kiadványa. Budapest, 1982. és 1996.
- Rex, R. M. – Peck, R. A.: A laboratory test to evaluate the shape and surface texture of fine aggregate particles. Public Roads. 1956. No. 5. pp. 118-120.
- Rényi A.: Az aprítás matematikai elméletéről. Építőanyag. 2. évfolyam. 1950. 9-10. szám. pp. 177-183.
- Rényi A.: Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó. Budapest, 1968.
- Révai Nagy Lexikona: Az ismeretek enciklopédiája. 21. kötetes mű, több mint 230 ezer címszóval és több ezer ábrával, színes térképmellékletekkel. Révai Testvérek Irodalmi Intézet Részvénytársaság. Budapest, 1911-1935. Az Arcanum Digitális Tudománytárban is olvasható: <https://adt.arcanum.com/hu/>
- Révay M.: A bauxitcement diadala, bukása és feltámadása. Beton. III. évfolyam. 1995. 9. szám, pp. 4-6.; 10. szám, pp. 3-6.; 11. szám, pp. 3-4.
- Révay M.: A Népstadion és a szigmacement cementkémikus szemmel. Beton, III. évfolyam. 1995. 12. szám. pp. 3-5.
- Révay M.: Kis magyar cementkémia. Taumazit. Beton. IX. évfolyam. 2001. 6. szám, pp. 6-7.
- Révay M.: Kis magyar cementkémia. (Martin-salak). Beton. IX. évfolyam. 2001. 7-8. szám, pp. 7-9.
- Révay M.: Reakciókinetikai törvényszerűségek alkalmazása a beton tartósságának becslésére. „Az oltott mésztől a betonig”. Építőanyag. 54. évfolyam. 2002. 1. szám, pp. 15-19.
- Révay M.: A taumazit-kérdés Magyarországon. Beton. XIII. évfolyam. 2005. 1. szám, pp. 3-6.
- Révay M. – Laczkó L.: A taumazit-szulfátkorrózió (Monográfia és a szakirodalom kritikai elemzése). Építőanyag. 58. évfolyam. 2006. 2. szám, pp. 47-53.
- Révay M.: Különleges cementek. Fejezet a „Cement-beton Kisokos” c. könyvben. Főszerkesztő: Pluzsik Tamás. Holcim Hungária Zrt., 2008.
- Ribitsch, V. Rheologie. UNI Graz, Institut für Chemie. (é.n.) http://physchem.kfunigraz.ac.at/rc/ribitsch_pfragner/Rheologie_Vorlesung_gesamt1.pdf
- Richart, F. E. – Brandtzaeg, A. – Brown, R. L.: A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses. University of

- Illinois, Engineering Experiment Station. Bulletin No. 185. Urbana, Nov. 1928. 103. pp.
- Riesz L. (szerkesztő): Cement- és mészgyártási kézikönyv. Építésügyi Tájékoztatói Központ. Budapest, 1989.
- Riffel, S.: Fehérszönyegezés (whitetopping) – gyors megoldás aszfaltutak nyomvályúira. update 13/2. Magyar Cementipari Szövetség. Budapest, 2013. https://www.cembeton.hu/userfiles/update/2013/update_201302.pdf
- RILEM Draft Recommendation, 43-CND. Combined non-destructive testing of concrete. Draft recommendation for in situ concrete strength determination by combined non-destructive methods. Materials and Structures. 1993. 26, pp. 43-49.
- RILEM Report TC 43-CND Draft Recommendation for in Situ Concrete Strength Determination by Combined Non- Destructive Methods. 1983.
- RILEM TC 162-TDF (2003) Test and design methods for steel fibre reinforced concrete, Materials and Structures. Vol. 36. pp. 560–567.
- Rinne, H.: Zur Genesis der Weibull-Verteilung. Fejezet a Rinne, H. – Rüger, B. – Strecker, H.: Grundlagen der Statistik und ihre Anwendungen. Festschrift für Kurt Weichselberger. Physica-Verlag. Heidelberg, 1995. könyv 77-86. oldalán.
- Rinne, H. – Mittag, H.-J.: Statistische Methoden der Qualitätssicherung. 3., überarbeitete Auflage. Carl Hanser Verlag. München, Wien, 1995.
- Rinne, H.: Taschenbuch der Statistik. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH. Frankfurt am Main, 2008.
- Rinne, H.: The Weibull Distribution. A Handbook. CRC Press. Boca Raton (Florida), London, New York, 2009.
- Roesch, K. – Zeuner, H. – Zimmermann, K.: Stahlguss. Aus der Reihe „Stahleisen-Bücher“ Band 17. Zweite, völlig neu und erweiterte Auflage. Verlag Stahleisen GmbH. Düsseldorf, 1982.
- Rosin, P. – Rammler, E. – Sperling, K.: Korngrößenprobleme des Kohlenstaubs und ihre Bedeutung bei der Vermahlung. Bericht C 52 in den Berichtfolgen des Kohlenstaubausschusses Reichskohlenrates. Berlin, 1933.
- Rosin, P. – Rammler, E.: Gesetzmässigkeiten in der Kornzusammensetzung des Zementes. Zement. Band 22. 1933. pp. 427-433.
- Rosin, P. – Rammler, E.: Gesetze des Mahlgutes. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft. Band 15. 1934. pp. 399–416.
- Rostasy, F. S. – Krauß, M. – Budelmann, H.: Planungswerkzeug zur Kontrolle der frühen Rißbildung in massigen Betonbauteilen. Bautechnik. Band 79. 2002. H. 7. – H. 12.
- Rothfuchs, G.: Verhältnis der Lochweite von Rundloch- und Maschensieben. Zement. Wochenschrift für Hoch- und Tiefbau. 1934. Heft 45. pp. 670-672.
- Rothfuchs, G.: Betonfibel. Veb Verlag Technik, Berlin und Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1958. és Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1965.

- Roux, J. – Cheminais, J. – Rivallain, G. – Mourand, C. – Durand, G.: Béton projeté par voie sèche avec incorporation de fibres. Tunnels et Ouvrages Souterrains (AFT'ES), n° 92. Mars-Avril, 1989. pp. 61-97.
- Röhling, S.: Zwangsspannungen infolge Hydrationswärme. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2009.
- Röhling, S. – Eifert, H. – Jablinski, M.: Betonbau. Band 1. Zusammensetzung, Dauerhaftigkeit, Frischbeton, Band 2. Hydratation, Junger beton, Festbeton (szerző: S. Röhling), Band 3. Spezialbetone, Anwendungsgebiete, Sichtbeton. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart, 2012.
- Rudnai Gyula (szerkesztő): Könnyűbeton. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1961.
- Rußwurm, D.: DAfStb Heft 397. pp. 45-70. Gleichmaßdehnung von Betonstählen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Köln, 1989.
- Rußwurm, D. – Martin, H.: Betonstähle für den Stahlbetonbau. Bauverlag GmbH. Wiesbaden und Berlin, 1993.
- Rußwurm, D.: Entwicklung der Betonstähle. Institut für Stahlbetonbewehrung e.V. München, 2000.
- Rüsch, H.: Specimen size and apparent compressive strength. Proc A.C.I. 50. 1954 pp. 803.
- Rüsch, H. – Sell, R. – Rackwitz, R.: DAfStb Heft 206. Statistische Analyse der Betonfestigkeit. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Wilhelm Ernst & Sohn. Berlin, 1969.
- Saenger, G.: Vergleichsversuche mit Loch- und Maschensieben. Zeitschrift Steinbruch und Sandgrube. 1928, Heft 3.
- Sanabra-Loewe, M. – Capellà-Llovera, J.: The four ages of early prestressed concrete structures. PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago). Journal. Fall 2014. pp. 93-121.
- Saul, A. G. A.: Principles underlaying the steam curing of concrete at atmospheric pressure. Magazine of Concrete Research, 1951, No. 6., pp. 127-140.
- Sámsondi K. B.: Szövetszerkezetes épületek. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1965.
- Sárosi L. – Soha I. – Kelemen J.: Bentonit az építőiparban. Második javított és bővített kiadás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1962.
- Schäffner, M. F.: Quantification and evaluation of uncertainty in active buckling control of a beam-column subject to dynamic axial loads. Dissertation. Darmstadt, 2018. https://tuprints.ulb-tu-darmstadt.de/8652/1/190507_Diss_MSchaeffner.pdf
- Scheerer, S.: Hochleistungsleichtbeton unter mehraxialer Druckbeanspruchung. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, 2009.
- Scheerer, S.: Was ist Textilbeton? Eine kurze Einführung in das Thema. In: Verstärken mit Textilbeton. pp. 4-6. Beton- und Stahlbetonbau Spezial. Januar 2015. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2015.
- Schenk, R.: Die Korn- und Siebnormung in der Bauindustrie. Straßenbau 1926, Heft 2.

- Schenkel, M.: Zum Verbundverhalten von Bewehrung bei kleiner Betondeckung. Dissertation. Institut für Baustatik und Konstruktion Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. 1998.
- Schiel, F.: Die Kornform der Zuschlagstoffe im Strassenbau. Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen. Verlag Volk und Reich, Berlin. Jg. 32. 1941. Heft 29.
- Schießl, P.: Hydratationswärme und Festigkeitsentwicklung“, Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Univ.-Prof. Dr. Ing. P. Schießl), München, 2003.
<http://www.cbm.bv.tum.de/english/images/Lehre/Skripten/BauingenieurwesenMaster/hydratationswaerme%2Bfestigkeitsentwicklung.pdf>
- Schießl, P. – Osterminski, K.: Modellierung von Bewehrungskorrosion: Überblick über die DFG Forschungsgruppe 537. In: DAfStb Heft 601. Dauerhaftigkeitsbemessung von Stahlbetonbauteilen auf Bewehrungskorrosion. Teil 1: Systemparameter der Bewehrungskorrosion. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. pp. 1-18. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- Schmidt, E. O.: Der Betonprüfhammer. Ein Gerät zur Bestimmung der Qualität des Betons im Bauwerk Schweizerische Bauzeitung. Zürich. Jg. 68. Nr. 28. 1950. Juli, pp. 378-379.
- Schmidt, E. O.: Versuche mit dem neuen BetonPrüfhammer zur Qualitätsbestimmung des Betons. Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik 1951. No. 5, pp. 139-143.
- Schmidt, E. O.: Apparatus for testing the surface hardness of construction materials. Filed May 29, 1951. Patent US 2,664,743 Jan. 5. 1954.
- Schmidt, F. W. – Abt, L. – Czechowski, R. – Donzel, M. – Plattner, R.: Ernst und Albert Schmidt, Ingenieure. Pioniere des Brückenbaus. Park Books, Zürich, 2014.
- Schmidt, M. – Fehling, E.: Grundlagen der Betontechnologie von Hoch- und Ultrahochleistungsbeton und Anwendung von UHPC im Brückenbau. Der Tagungsband Seminar der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure in Hessen e.V. am 05.04.2006, pp. 1-11.
- Schmidt, M. – Bunje, K. – Dehn, F. – Droll, K. – Fehling, E. – Greiner, S. – Horvath, J. – Kleen, E. – Müller, Ch. – Reineck, K-H. – Schachinger, I. – Teichmann, Th. – Teutsch, M. – Thiel, R. – Tue, N. V.: DAfStb Heft 561. Ultrahochfester Beton. Sachstandsbericht. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.v., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien - Zürich, 2008.
- Schmidt, Th.: Sulfate attack and the role of internal carbonate on the formation on thaumasite. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Pour l’Obtention du Grade de Docteur ès Sciences. 2007.

- Schmied, Ch.: Die Beziehung zwischen der Betonfestigkeit, des Bauwerks und der an unterschiedlichen, getrennt vom Bauwerk hergestellten Prüfkörpern ermittelten Festigkeit (Literaturstudie). Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde oder Fraunhofergesellschaft, Stuttgart, 1976.
- Schnell, J. – Loch, M.: Umrechnung historischer Baustoffkennwerte auf charakteristische Werte. Der Prüferingenieur. 34. Jg. 2009. April, pp. 50-61.
- Schnell, J. – Loch, M. – Zhang, N.: Umrechnung der Druckfestigkeit von zwischen 1943 und 1972 hergestellten Betonen auf charakteristische Werte. Bauingenieur. Band 85. 2010. Dezember, pp. 513-518.
- Schnell, J. – Loch, M. – Stauder, F. – Wolbring, M.: Bauen im Bestand. Bewertung der Anwendbarkeit aktueller Bewehrungs- und Konstruktionsregeln im Stahlbetonbau. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart, 2012.
- Schnell, J. – Weber, M.: DAfStb Heft 632. Experimentelle Ermittlung der Korrelation der Druckfestigkeiten von Bohrkernen aus Bauwerksbeton und genormten Probekörpern. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2019.
- Schnell, J. – Zilch, K. – Dunkelberg, D. – Weber, M.: DAfStb Heft 616. Sachstandbericht. Bauen im Bestand. Teil I.: Mechanische Kennwerte historischer Betone, Betonstähle und Spannstähle für die Nachrechnung von bestehenden Bauwerken. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Scholz, W. – Hiese, W. – Möhring, R.: Baustoffkenntnis. 17. Auflage. Werner Verlag. Köln, 2011. (Az 1. kiadás 1957-ben jelent meg.)
- Schulthess, R.: Grundlagen der ARA. Verfahrenstechnik. A Betonsuisse Bernben, 2010-ben tartott „Betonerosion in Biologiebecken von ARA” konferenciáján elhangzott előadás vetített képei:
http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerosion_in_ara/index.html?lang=de
- Schultz, W.: AQL-Rechenschebe. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2015.
- Schulz, F.: Ein genaues Verfahren zur Bestimmung der Kornformgüte. Tonindustrie-Zeitung. Jg. 78. 1954. No. 15/16. pp. 231-234.
- Schulze, K.: Schnellverfahren zur Kornform-beurteilung und Vorschläge zur Definition von Splitt und Edelsplitt. Strasse und Autobahn, 4. Jg. 1953. No. 8, pp. 253-257.
- Schwenk Zement KG: Betontechnische Daten. Ulm, 2006.
- Sehlström, A.: Prestress in Nature and Technics. Thesis for the degree of licentiate of architecture. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden, 2019.
- Seidel, W. W. – Hahn, F.: Werkstofftechnik. Werkstoffe – Eigenschaften – Prüfung – Anwendung. 11. Auflage. Carl Hanser Verlag. München, 2018.
- Seidl A.: Kőművesmunkák. Táncsics Könyvkiadó. Budapest, 1961.

- Seim, W.: Bewertung und Verstärkung von Stahlbetontragwerken. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2007.
- Setzer, M. J.: Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Betonwaren. Universität GH Essen, Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, 1990. Nr. 49.
- Setzer, M. J.: „Die Mikroeislinsepumpe – Eine neue Sicht bei Frostangriff und Frostprüfung”, című fejezet a 14. Ibausil Konferencia-kiadványában, 1. kötet., Weimar, 2000.
- Setzer, M. J.: Frostschaaden – Grundlagen und Prüfung. Beton und Stahlbeton. 97. kötet. 2002, pp. 350-359.
- Setzer, M. J.: CIF Test – Testmethode zur Bestimmung des Frostwiderstands von Beton (CIF) – RILEM Recommendation TC 117-FDC: CIF-Test: Capillary suction, internal damage and freeze thaw test – Referenze method and alternative methods A and B. Materials and Structures. Vol. 37. 2004, pp. 743-753.
- Shepherd, E. S. – Rankin, G. A.: Preliminary report on the ternary system $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. A study of the constitution of portland cement clinker. The Journal of Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 3. 1911. April. pp. 211-227.
(<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie50028a005>)
- Shergold, F. A.: The percentage voids in compacted gravel as a measure of its angularity. Magazine of Concrete Research. Vol. 5. 1953. No. 13. pp. 3-10.
- Shore, A. F.: The property of hardness in metals and minerals. Pr. Am. Soc. Testing Materials. Vol. 11. 1911.
- Siebel, E. (szerkesztő): Prüf- und Meßeinrichtungen. A könyv az E. Siebel szerkesztésében megjelent „Handbuch der Werkstoffprüfung. Erster Band” többkötetes mű első kötete. Verlag von Julius Springer. Berlin, 1940.
- Siebel, E. (szerkesztő): Die Prüfung der metallischen Werkstoffe. 2. Auflage. A könyv az E. Siebel szerkesztésében megjelent „Handbuch der Werkstoffprüfung. Zweiter Band” többkötetes mű második kötete. Springer-Verlag. Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
- Siebel, E. (szerkesztő): Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe. 2. Auflage. A könyv az E. Siebel szerkesztésében megjelent „Handbuch der Werkstoffprüfung. Dritter Band” többkötetes mű harmadik kötete. Springer-Verlag. Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1957.
- Siebel, E. – Kerkhoff, B.: Einfluß von Recyclingzuschlägen aus Altbeton auf die Eigenschaften insbesondere die Dauerhaftigkeit des Betons. Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf. Zwischenbericht für das 1. Halbjahr 1998.
- Siebel, E. et al.: DAfStb Heft 560. Sachstandbericht. Übertragbarkeit von Frost-Laborprüfungen auf Praxisverhältnisse. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2005.
- Sigrist, V. – Marti, P.: Versuche zum Verformungsvermögen von Stahlbetonträgern. Institut für Baustatik und Konstruktion.

- ETH Zürich. IBK Bericht Nr. 202. Birkhäuser Verlag, Basel, Nov. 1993. 90. pp.
- Sigrist, V.: Zum Verformungsvermögen von Stahlbetonträgern, Institut für Baustatik und Konstruktion. ETH Zürich. IBK Bericht Nr. 210. Birkhäuser Verlag, Basel, Juli 1995. 150. pp.
- Simonyi K.: A fizika kultúrtörténete. Gondolat kiadó. Budapest, 1978.
- Sipos L.: A fényre-szabott méter atyja. A Mérnök Újság 2000. augusztus-szeptemberi száma
- Sipos M.: 125 éve kötelező a méterrendszer alkalmazása. A Mérnök Újság 2001. decemberi száma
- SNBPE: Evolution de l'annexe nationale de la norme béton NF EN 206-1/CN. Commentaires. Párizs, 2012.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CFYQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.snbpe.org%2Ftpl%2Fdownload.php%3Fid%3D1269&ei=gFsBUoX4DKGv4ATBmICIBA&usg=AFQjCNGN9UdXFR1LXXwvGEf5mFY8xmaKqQ&sig2=3tpaz43IOkEDvtMbYs71dA>
- Soltész I.: Az építési termékekre vonatkozó új uniós rendelet. Építőanyag 64. évfolyam. 2012. 1–2. szám, pp. 40.
- Somogyi B.-né (szerkesztő): Természettudományi Kislexikon. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1976.
- Somogyi L.: Betonadalékként használt nemeszúzalék lemezességének és hosszúkás voltának vizsgálata. Kézirat. ÉaKKI jelentés. Témaszám: 135/61. Budapest, 1963.
- Soós I.: Fazola Henrik és Lénárd egri vasművesek. Művészettörténeti Értesítő. IV. évfolyam. 1955. 1. szám. pp. 29-46
- Soósné B. I.: Mi is az a geopolimer és mire lehet használni? Beton szakmai lap. 2018. április. XXVI. évfolyam. 4. szám, pp. 12-15.
- Spaethe, G.: Die Sicherheit tragender Betonkonstruktionen. Springer Verlag. Wien, 1992.
- Spanka, G. – Grube, H. – Thielen, G.: Wirkungsmechanismen verflüssigender Betonzusatzmittel. beton. 1995. 1. rész: Heft 11. pp. 802-808. 2. rész: Heft 12, pp. 876-881; valamint ugyanezzel a címmel: Betontechnische Berichte (1995-1997). pp. 45. Verlag Bau + Technik. Düsseldorf, 1995.
- Spindel, M.: Zeichnerische Darstellung des Zusammensetzung von Beton und Betonzuschlagstoffen im Vierstoffparallelogram. Beton und Eisen. Berlin, 1931. H. 1-2, pp. 18-21., 32-37.
- Splittgerber, F.: Identifizierung der Zementart in Zementsteinen und die Übertragbarkeit auf Mörtel und Betone. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur. Weimar, 2012.
- Spörel, F.: DAfStb Heft 604. Frostbeanspruchung und Feuchtehaushalt in Betonbauwerken. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2013.

- Spránitz F.: Magas- és mélyépítési termékek újszerű gyártástechnológiái. Beton szakmai lap. 2008. február. XVI. évfolyam. 2. szám, pp. 14-16.
- Spránitz F. – Kopecskó K. – Laczkó L. – Balázs L. Gy.: Hosszú élettartamú betonok kötőanyagának kiválasztása kor-tényező, kémiai és porozimetriai adatok alapján. Budapest, 2024. <https://www.betonopus.hu/notesz/spranitz-kotoanyag-kivalasztas.pdf>
- Springenschmid, R.: Betontechnologie für die Praxis. Bauwerk Verlag GmbH. Berlin, 2007.
- Springenschmid, R.: Betontechnologie für die Praxis. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Bauwerk Verlag GmbH. – Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2018.
- Standfuß, F.: Die Saale-Brücke in Alsleben. Dokumentation der Baugeschichte. Tagungsband 10. Dresdner Brückenbausymposium. 1998. pp. 39–63.
- Stange, K. – Henning, H.-J.: Graf/Henning/Stange. Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg/New York, 1966.
- Stark, J. – Möser, B. – Eckart, A.: Neue Ansätze zur Zementhydratation. ZKG International Zement, Kalk, Gips. Vol. 54. 2001. Teil 1. No. 1, pp. 52-60. és Teil 2. No. 2, pp. 114-119.
- Stark, J. – Möser, B. – Bellmann, F.: Ein neues Modell der Zementhydratation. Proceedings „15. Internationale Baustofftagung ibausil“. Weimar, September 2003. S. 1/0015-1/0031.
- Stark, J. – Wicht, B.: Zement und Kalk. Der Baustoff als Werkstoff. Birkhäuser Verlag. Basel, 2000
- Stark, J. – Wicht, B.: Aus der Geschichte des Zements. Wilhelm Michaelis' Patent zur Herstellung von Erzzement vor 100 Jahren. Thesis, Wissenschaftliche Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar. 2001. Heft 5-6, pp. 6-12.
- Stark, J. – Wicht, B.: Dauerhaftigkeit von Beton. 2. Auflage. Springer Vieweg. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg, 2013.
- Stern, O.: Vorschlag für eine Norm: Kornpotenz, Feinheitmodulloser Haufwerke. Sparwirtschaft. Wien, 1932. H. 4. p. 125.
- Stein, D. – Brauer, A.: Widerstand von Beton und Stahlbetonrohren für kommunale Entwässerungssysteme gegen chemische Angriffe. Bochum, 2005. Im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn. http://www.fbsrohre.de/rohrwerkstoffauswahl/expertisen_pdf/Korrosionsbestaendigkeit.pdf
- Steiner, J.: Gärfutter-Fahrsilos aus Stahlbeton. Randbedingungen für die Planung, Probleme durch chemischen Angriff. 8. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 17. März 2011.: Schutz und Widerstand durch Betonbauwerke bei chemischem Angriff. pp. 49-54. Karlsruhe, 2011.
- Stoffel, Ph.: Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Stahlbetonbauten. ETH Eidgenössische Technische Hochschule. Zürich, 2000. <https://www.research->

- collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/144775/eth-23649-01.pdf
- Student (W. S. Gosset): The Probable Error of a Mean. *Biometrika*. 1908. Vol. 6, pp. 1-25.
- Student (W. S. Gosset): Probable Error of a Correlation Coefficient. *Biometrika*. 1908. Vol. 6, pp. 302-310.
- Sütő-Kreis V.: Friss beton hulladék kezelése és adalékanyagként történő újrahasznosítása. *Betontechnológiai szakmérnöki dolgozat*. BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Budapest, 2022.
(http://www.betonopus.hu/szakmernoki/szakedolgozat/szakedolgozat_suto-kreis_valentina.pdf)
- Szabadi L.: Tengizig süllyedtem. Népszava Kiadó Vállalat. Budapest, 1990.
- Szabó I.: Acélhajbeton. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- Szabó J.: Az európai és a nemzetközi szabványosítás folyamatai. *Anyagvizsgálók Lapja*. 2006. 1. szám, pp. 1-3.
- Szabó K. Zsombor: Bond characteristics of NSM Reinforcements based on advanced methods. PhD. értekezés. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. Budapest, 2013.
A PhD. értekezés elérhetősége:
<https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/5598/ertekezes.pdf>, és a tézisfüzet elérhetősége:
https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/5598/tezis_hun.pdf
- Szagri D.: Acélszál erősítésű ipari padlók laborvizsgálatokkal támogatott dinamikus hő- és páratechnikai modellezése. TDK dolgozat. BME. Budapest, 2015.
- Szakács Gy. – Poles J.: Szabványügyi ismeretek. Minőségügyi és minőségirányítási ismeretek. Építési műszaki ellenőri szakképzés. Belügyminisztérium Építésügyi Főosztálya. Terc Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Budapest, 2011.
- Szalai K.: A betonszilárdság minősítése. Építési kutatás-fejlesztés. ÉTI. 1974 évfolyam. 1-2. szám, pp. 31-41.
- Szalai K. (szerkesztő): A beton minőségellenőrzése. A Magyar Szabványügyi Hivatal szabványosítási szakkönyvtárának 26. számú kötete. Szabványkiadó, Budapest, 1982.
- Szalai K. (szerkesztő): Eurocode 2: Betonanyagú tartószerkezetek tervezése. 1. rész: Általános előírások és épületekre vonatkozó előírások. Oktatási segédlet. BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke. Budapest, 1997.
- Szalai K.: A szerkezeti anyag parciális tényezőjének összetevői. BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke tudományos közleményei. Budapest, 2002. pp. 155-160.
- Szalai K.: A beton parciális tényezőinek összetevői *Beton szakmai lap*. 2002. április. X. évfolyam. 4. szám, pp. 11-13.
- Szalai K.: Beton (vasbeton és feszített vasbeton) szerkezeti elemek vizsgálata Eurocode (ENV) szerint. *Jegyzet*. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. Budapest, 2005.

- Szalai K. – Huszár Zs. – Kovács T.: „Közúti betonhidak tervezése az Eurocode alapján” és „Közúti hidakat terhelő erők és hatások az Eurocode alapján” c. tanulmány. Kézirat. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. Budapest, 2005.
- Széchenyi I.: Gróf Széchenyi István minden írása. CD. Logod Bt. 2001.
- Szegő J.: Jogsabályi feltételek a betontermékek forgalomba hozatalához. Beton. XVII. évfolyam. 2009. 4. szám, pp. 3-7.
- Szegőné Kertész É. – Erdélyi A. – Takács E.: Új technológiák az útjavításban: vékonybeton szőnyegezés. XXIV. Cementipari Konferencia. Budapest, Margitsziget, Danubius Szálloda, 2007.
- Székely Á.: Cementkötés CO₂ atmoszférában (Szabványos cementhabarcsoknak széndioxiddal való kezelése). Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 15. sz. jelentése. É. M. Dokumentációs és Nyomtatványellátó Vállalat. Budapest, 1955.
- Székely Á.: Az építőanyagok hőenergiaszükségletéből levonható következtetések. Magyar Építőipar. 6. évfolyam. 1957. 5-6. szám, pp. 233-236.
- Székely Á.: A beton újfajta kötőanyagainak ismertetése és felhasználása. Mérnöki Továbbképző Intézet. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1959, 1960, 1961.
- Székely Á.: Habosított kohósalak közép- és nagyblokkok készítésére. Magyar Építőipar. 8. évfolyam. 1959. 8. szám, pp. 405-408.
- Székely Á.: Hőszigetelő perlitbeton és habarcs. Magyar Építőipar. 9. évfolyam. 1960. 4. szám, pp. 159-160.
- Székely Á.: Cementhabarcs és beton széndioxidos kezelése. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1961.
- Székely Á.: Korszerű és olcsó építőanyagok a mezőgazdasági építészetben. Magyar Építőipar. 11. évfolyam. 1962. 8. szám, pp. 363-365.
- Székely Á.: Hőszigetelő könnyűbetonok. Mérnöki Továbbképző Intézet. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1962.
- Széll L.: Homlokzatképzések. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1973.
- SZIKKTI: A Betonosztály tudományos tevékenysége 1953-1973. Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet. Tudományos Közlemények. 43. sz. SZIKKTI, Budapest, 1974. <http://www.betonopus.hu/szikkti/szikkti-tudomanyos-kozlemenyek.pdf>
- SZIKKTI: A Betonosztály tudományos tevékenysége 1974-1980. Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet. Tudományos Közlemények. 72. sz. SZIKKTI, Budapest, 1983. <http://www.betonopus.hu/szikkti/szikkti-tudomanyos-kozlemenyek.pdf>
- Szilard, A.: Das Torkretverfahren und seine technischen Probleme. Verlag von Julius Springer. Berlin, 1925.
- Szilágyi K. – Borosnyói A.: A Schmidt-kalapács 50 éve: Múlt, jelen, jövő. Vasbetonépítés. X. évfolyam. 2008. 1. rész: Módszerek és szakirodalmi összefoglalás. 1. szám, pp. 10-17. 2. rész: Az

- európai szabványosítás és annak hazai jelentősége. 2. szám, pp. 48-54., 3. rész: Tudományos megfontolások és kitekintés. 3. szám, pp. 73-82.
- Szilágyi K.: Rebound surface hardness and related mechanical properties of concrete (Beton visszapatantási keménységének és anyagjellemzőinek kapcsolata). PhD. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Budapest, 2013.
- Szilágyi M. (főszerkesztő): Fizikai Kislexikon. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1977.
- Szinnyei J.: Magyar írók élete és munkái. I-XIV. kötet. Hornyánszky. Budapest, 1891–1914.
(<http://mek.oszk.hu/03600/03630/index.phtml>)
- Szotirov, D. – Aszenov, K.: Metodü usztanovlenija formü scsebnja osznovanij i pokrütij. Sztoityelsztvo, Szofija. God. 12. 1965. No. 6. pp. 16-20.
- SZTE-ÉTE konferencia-kiadvány: A magyar perlit 40 éve. 1998.
- Taerwe, L.: A General Basis for the Selection of Compliance Criteria. IABSE Periodica. Proceedings P-102/86, pp. 113-127. ETH-Hönggerberg, Zürich 3/1986 August.
- Takada, K. – Pelova, G. I. – Walraven, J. C.: Self-Compacting concrete produced by Japanese Method with Dutch materials. The Congress of European Ready Mixed Concrete Organization ERMCO98, Lisbon, 23-26 June 1998, pp. 1-10.
- Talabér J. (szerkesztő): Cementipari Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1966.
- Talabér J.: Az aluminátcement-betonok tartóssága. Akadémiai doktori értekezés. MTA. Budapest, 1991.
- Talabér J.: Az aluminátcementek mai szemmel. Építőanyag. 1996. 48. évfolyam. 4. szám, pp. 107-113.
- Tassi G. – Knébel J. – Nemeskéri-Kiss G. – Királyföldi L-né – Reviczky J.: Vasbeton hidak. Mérnöki Kézikönyv. Második sorozat. (szerkesztő: Palotás L.) II. kötet. 3.2. fejezet. pp. 719-838. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1984.
- Tassi G. – Lenkei P.: Ötven éve alakult meg a *fib* két elődje, a FIP és a CEB. Vasbetonépítés. V. évfolyam. 2003. 4.szám, pp. 94-97.
- Tänzer, R. – Stephan, D.: Portlandzementfreie Bindemittel – auch in der Baustoffindustrie werden Alternative gesucht. Bauen und Chemie. No. 18. 2011. http://archiv.aktuelle-wochenschau.de/druck/2011/wochenschau18_2011.pdf
- Tegelaar, R.: Steuerung der Wärmebehandlung auf Basis der Betonreife. BFT Betonwerk + Fertigteil-Technik, Jg. 68. 2002., Heft 4. pp. 30-37.
- Teichert, P.: Die Geschichte des Spritzbetons. In: Zeitschrift Schweizer Ingenieur und Architekt. 97. Jahrgang. 1979. Heft 47. pp. 949-960. doi:10.5169/seals-85583
<https://www.spritzbeton-tagung.com/downloads/vortraege/2009/2>
- Terény J.: Szilárdsági kísérletek melegen kezelt szerszám- és gépaczélókkal. Bányászati és Kohászati Lapok. XLVII. évfolyam. 1914. II. kötet. 13. szám. pp. 20-36. Lásd

- például: Arcanum Digitális Tudománytár
(<https://adt.arcanum.com/hu/>)
- Terény J.: Vonatkozások az acélananyagok keménysége és belső tulajdonságai között. (Kísérletek a Shore-féle skleroskoppal). Bányászati és Kohászati Lapok. LIII. évfolyam. 1920. I. kötet. 3-4. szám. pp. 18-27. Lásd például: Arcanum Digitális Tudománytár
(<https://adt.arcanum.com/hu/>)
- Teubert, J. – Kilian, G.: Konsistenzmessungen am Zementmörtel mittels eines Rotationsviskosimeters. beton. Jg. 32.. 1982.. Heft 3. pp. 103-107.
- Thaulow, S.: Field testing of concrete. Norske Cementforening, Oslo. 1952. Also, Resume in ACI Journal, Proceedings, Vol. 50. No. 7. Mar. 1954. pp. 10-11, 24-26.
- Theilen, U.: Wasser- und Abwasseranalytik. Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Bauwesen, Fachhochschule Giessen – Friedberg, 2012. <http://websites.thm.de/fachbereich/b/mambo/images/stories/File/professoren/theilen/Analytik-Umdruck.pdf>
- Thiele Á.: Martenzites átalakulás és kiválásos keményítés. PhD. házifeladat. BME Anyagtudományi és Technológiai Tanszék. Budapest, 2011.
- Thiele, C. – Weber, M.: Untersuchungen zur Korrelation von Druck- und Zugfestigkeit in alten, niederfesten Betonen als Grundlage für die Bestimmung der Tragfähigkeit von z. B. Befestigungsmitteln. Abschlussbericht, Technische Universität Kaiserslautern. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart, 2016.
- Thielen, G. – Spanka, G. – Grube, H.: Regelung der Konsistenz von Beton durch Fließmittel. Betontechnische Berichte (1995-1997). pp. 61. Verlag Bau + Technik. Düsseldorf, 1995.
- Thienel, K.-Ch.: Werkstoffe des Bauwesens. Festbeton. Institut für Werkstoffe des Bauwesens. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Universität der Bundeswehr. München, Frühjahrstrimester 2008. <http://www.unibw.de/bauv3/lehre/skripten/festbeton2008.pdf>
- Thienel, Ch. – Beuntner, N.: Ökologisch und technisch verbesserte Betone durch den Einsatz alternativer Zusatzstoffe. Conference: Nachhaltigkeit und Innovation. Forschungskolloquium. Konferencia-kiadvány, 2. kötet. pp. 58-65. Universität der Bundeswehr. München, 2013. <https://www.researchgate.net/publication/280042989>
- Thienel, K.-Ch.: Werkstoffe I. Allgemeine Grundlagen. Stoffkennwerte. Institut für Werkstoffe des Bauwesens. Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften. Universität der Bundeswehr. München, Herbsttrimester 2017. <https://www.unibw.de/werkstoffe/lehre/bachelorstudium/skripte-werkstoffe/stoffkennwerte-2017.pdf>

- Thienel, K.-Ch.: Selbstverdichtender Beton. Institut für Werkstoffe des Bauwesens. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Universität der Bundeswehr. München, Frühjahrstrimester 2018. <https://www.unibw.de/werk-stoffe/lehre/masterstudium/skripte-anorganischebindemittel/selbstverdichtender-beton.pdf/download>
- Thomaz, E. C. S.: A estação da estrada de ferro D. Pedro II / RJ da atual E. F. Central do Brasil teve o Início da Construção em 1937. Rio, 2023. pp. 123-124. http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/estruturas_concreto/Palacio_Duque_de_Caxias_RJ_1941.pdf
- Tilley, C. E.: Tricalcium disilicate (rankinite), a new mineral from Scawt Hill, Co. Antrim (With Plate V). Published online by Cambridge University Press: 14 March 2018. <https://www.cambridge.org/core/journals/mineralogical-magazine-and-journal-of-the-mineralogical-society/article/abs/tricalcium-disilicate-rankinite-a-new-mineral-from-scawt-hill-co-antrim-with-plate-v/3C3048FC29084A9D371D8B28B26DDBCB>
- Tippett, L. H. C.: On the Extreme Individuals and the Range of Samples Taken from a Normal Population. Biometrika 17. 1925. pp. 364-387.
- Tirler, W.: Europäische Stahlsorten. Bezeichnungssystem und DIN-Vergleich. Beuth Pocket. DIN Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2017.
- Tolnai Világlexikona Ismeretek tára. Az általános tudás és műveltség könyve. Második kötet. A Magyar Kereskedelmi Közlöny Hírlap- és Könyvkiadó-Vállalat Kiadása. Budapest, 1912-1913. (<https://adt.arcanum.com/hu/>)
- Tóth E. (szerkesztő): Hidak Vas megyében. Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. Budapest, 2015.
- Tóth L.: A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete alapításának 100. éves évfordulója. A Miskolci Egyetem Bay Zoltán Intézetében, 1997. október 6-án rendezett emlékülésen elhangzott előadás. http://www.mae2012.hu/wp-content/uploads/2012/11/Magyar_Anyagvizsgalok_Egyesulete_100.pdf
- Tóth M.: Magyarország ásványai. Hunyadi Mátyás Intézet. Budapest, 1882. Reprint kiadás: Herman Ottó Múzeum. Budapest, 2000.
- Tóth P. L. – Lublós É.: Az NVKP_16-1-2016-0019 jelű kutatási projektben készített építésügyi műszaki irányelv tervezetek rövid bemutatása. pp. 141-149. In: Fokozottan ellenálló képességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése. NVKP_16-1-2016-0019 kutatást záró kiadvány. (NVKP: Nemzeti versenyképességi és kiválósági program) Budapest, 2021.

- https://em.bme.hu/sites/default/files/page/NVKP_16-1-2016-0019%20%20projektzáró%20kiadvány%20FINAL%20web%20HIRES.pdf
- Trüb, U. A.: Der Zementstein. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 31. 1963. No. 14, pp. 1-8.
- Trüb, U. A.: Über die Beurteilung der Bohrkernfestigkeit. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 46. 1978. No. 8, pp. 1-8.
- Trüb, U. A.: Zur Frage der Bauwerksfestigkeit von Beton. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 48. 1980. No. 8, pp. 1-4.
- Trüb, U. A.: Einsatz des Betonprüfhammers für die Qualitätskontrolle. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 53. 1985. No. 16, pp. 1-4.
- Tschorn, G.: Schleiffunkentlas für Stähle: Gusseisen, Roheisen, Ferrolegierungen und Metalle. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig, 1961.
- Tuckermann, R.: Fluide Grenzflächen. 2006. http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/PC5-Grenzfl/Fluide_Grenzflaechen.pdf
- Tue, N. V.: Statistische Auswertung der Betonqualität. Folgerungen für die Bauwerkssicherheit. Kongressunterlagen der 51. BetonTage. Neu-Ulm, 2007.
- Tuthill, L. H.: ASTM Special Technical Publication Nr. 169. Philadelphia, 1955.
- Uj Lexikon Dante-Pantheon kiadás. Szerkesztette: Dormándi László és Juhász Vilmos. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest, 1936. (<https://adt.arcanum.com/hu/>)
- Ujcz P. témafelelős: Höfűvással megfolytatott felületképzés. Jelentés tervezet. Témaszám: 26.04.05.01. Építéstudományi Intézet. Budapest, 1964.
- Ujhelyi J.: A beton és vasbeton készítés új műszaki irányelvei (ÉSZKMI 19-77). Magyar Építőipar 1977. 8. szám, pp. 480-485.
- Ujhelyi J.: A betonok szilárdsági szórásának és a szilárdság valószínű eloszlásának a vizsgálata. Építéstudományi Intézet kutatási jelentése. Budapest, 1978. <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/13-ujhelyi-1978-szoras.pdf>
- Ujhelyi J.: A beton levegőtartalmának hatása. Magyar Építőipar. 1980. 8. szám, pp. 469-481. <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/24-ujhelyi-1980-levegotartalom.pdf>
- Ujhelyi J.: Betontechnológia I. Vízépítési segédletek. Vízdok. Budapest, 1985. <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/14-ujhelyi-1985-vizepitesi-segedlet.pdf>
- Ujhelyi J.: A beton struktúrájának és nyomószilárdságának a tervezése. Akadémiai doktori értekezés. MTA. Budapest,

1989. <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/22-ujhelyi-1989-nagydoktori-1.pdf>
- Ujhelyi J.: Beton-ismeretek. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2005.
- Ujhelyi J. (szerkesztő): Betonlexikon. Építésügyi Tájékoztató Központ Kft. Budapest, 2006.
- Ujhelyi J.: Búcsúzunk dr. Buday Tibor építészmérnöktől. Beton. XVII. évfolyam. 2009. 2. szám, pp. 15.
- Vajda L.: Visszatekintés kőbányász emlékekre (2010)
<http://mare.info.hu/hu/cikkek/visszatekintes-kobanyasz-emlekekre>
- Vandewalle, M.: Tunnelling the World. N.V. Bekaert S.A. Zwevegem, Belgium, 1990.
- Varga Á.: Betonfelületek permeabilitásvizsgálata. Építőanyag. 2004. 4. szám, pp. 164-168.
- Varga K.: A magyar minőségügy helyzete az „EU-harmonizáció” nemzetközi összehasonlításában. Szakdolgozat. Budapesti Gazdasági Főiskola. Budapest, 2007.
www.elib.kkf.hu/edip/D_13943.pdf
- Vass S.: Az „új megközelítés” megújulása. MM 2008. 5. szám, pp. 251.
- Vaubel, W.: Lehrbuch der theoretischen Chemie. In zwei Bänder. Erster Band. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg GmbH., 1903.
<https://books.google.hu/books?id=nLuIBwAAQBAJ&pg>
- Váradi Gy.: Az égetett mész szerepe a pórusbetongyártásban. Építőanyag. 52. évfolyam. 2000. 4. szám. pp. 111-115.
- vdz. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Forschungsinstitut der Zementindustrie: Zement-Taschenbuch. 51. Ausgabe. Verlag Bau+Technik GmbH. Düsseldorf, 2008.
- Vecchio, F. J. – Collins, M. P.: The Modified Compression Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear. ACI Journal, Vol. 83, No. 2, March-April 1986, pp. 219-231.
- Vendl A.: Geológia. I. kötet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1953.
- Vereniging Nederlandse Cementindustrie: Gewogen rijpheid. Betoniek, 6/20, 1984.
- Veres P.: A honfoglaló magyarok életmódjának kérdései. Honfoglalás és néprajz. Balassi Kiadó. Budapest, 1997.
- Vermeersch, T.: Semi-automatische bepaling van de ontkistingssterkte toegepast op het productieproces van Prefadim Belgium NV. Diplomamunka. Katholieke Hogeschool Brugge – Oostende, 2005.
- Verreet, R.: Die Grundbegriffe der Drahtseiltechnik. Ingenieurbüro für Drahtseiltechnik Wire Rope Technology Aachen GmbH. Aachen, 2018.
http://www.ropetechnology.com/bro_dt/Bro_Grundbegriffe_de.pdf
- Verő J.: Az ötvözetek. III./3. fejezet „A természet világa. VI. A kémia és vívmányai. Második rész” című könyvben. (Szerkesztette: Dr. Erdély-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 23-36. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.

- Vidovszky I.: XVIII-XIX. században kézműves technológiával készített kovácsoltvas épületszerkezeti elemek vizsgálata. PhD. értekezés. Témavezető: Dr. Kiss Jenő PhD. CsS. BME Építésmérnöki Kar. Budapest, 2007.
- Vincze E.: Műszaki matematika. V. kötet. Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó. Budapest, 1972.
- Vincze I. (szerkesztő): Statisztikai minőségellenőrzés. Az ipari minőségellenőrzés matematikai statisztikai módszerei. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1958.
- Vincze I.: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1968.
- Vincze L.: Geolexikon 4.1; Földtani adatbázis. CD-ROM. Zalaegerszeg, 2000.
- Vonk, R. A.: Softening of concrete loaded in compression. Eindhoven University of Technology. 1992. DOI: 10.6100/IR375705. <https://pure.tue.nl/ws/files/3530367/375705.pdf>
- VÖZ – ÖBV: Ermittlung der Radioaktivität von Baustoffen. Ismeretterjesztő kiadvány. Bauberatungsstelle des Vereins der Österreichischen Zementfabrikanten und des Österreichischen Betonvereins. Bécs, 1988.
- Vree, de R. T. – Tegelaar, R. A.: Gewichtete Reife des Betons. beton, Jg. 48., 1998. H. 11, pp. 674-678.
- Wadell, H.: Volume, shape and roundness of rock particles. Journal Geology. Vol. 40. 1932. pp. 443-451.
- Wald, A. – Wolfowitz, J.: Tolerance limits for a normal distribution. Annals of Mathematical Statistics. 17. 1946. pp. 208-215.
- Wallevik, O. H.: „Rheology-my way of live“, in 36. Conference in our world in concrete & structures, Singapore, 14.-16. August 2011.
- Walz, K.: Undurchlässiger Beton. Bautechnik-Archiv, H. 13. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Berlin, 1956.
- Walz, K.: Beziehung zwischen Wasserzementwert, Normfestigkeit des Zements (DIN 1164, Juni 1970) und Betondruckfestigkeit. beton., Jg. 20., 1970. Heft 11., pp. 499-503.
- Walz, K. – Wischers, G.: Beton als Strahlenschutz für Kernreaktoren. In: Betontechnische Berichte 1961. pp. 91-127. Beton-Verlag. Düsseldorf, 1962.
- Weber, P.: Pigmente zur Betoneinfärbung. BFT International, Betonwerk + Fertigteil-Technik. 2006. No. 7, pp., illetve Gestalten mit farbigem Sichtbeton, Planung und Herstellung. Sonderdruck aus der Zeitschrift Beton. 2007. Jahrgang 57. No. 5.
- Weibull, E. H. W.: A Statistical Theory of the Strength of Material. Ingeniars Vetenskaps Akademiens Handligar. No. 151. Royal Swedish Institute for Engineering Research. Stockholm, 1939./a.
- Weibull, E. H. W.: The Phenomenon of Rupture in Solids. Ingeniars Vetenskaps Akademiens Handligar. No. 153. Royal Swedish Institute for Engineering Research. Stockholm, 1939./b.

- Weibull, E. H. W.: A Statistical Distribution Function of Wide Application. Journal of Applied Mechanics. 18. 1951. p. 293-297.
- Weibull, E. H. W.: A Statistical Distribution Function of Wide Application. Journal of Applied Mechanics. 19. 1952. p. 233-234.
- Weibull, E. H. W.: References on Weibull Distribution, FTLA Report. Forsvarets Teletekniska Laboratorium. Stockholm, 1977.
- Weigl E.: Takarékcélok. A szerző kiadása. Nyomatott a Kir. Magyar Egyetemi Nyomdában. Budapest, 1943.
- Weigler, H. – Karl, S.: Junger Beton, Beanspruchung – Festigkeit – Verformung. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1974. Heft 6, pp. 392-401., és Heft 7, pp. 481-484.
- Weigler, H. – Siemers, H. – Spitzner, J.: Zur nachträglichen Bestimmung der Betondruckfestigkeit. Betonstein-Zeitung. 1966. Heft 3. Seite 150-158.
- Weiss (Weisz) Gy.: A betonozás technológiája. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1952.
- Weiss (Weisz) Gy.: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I.-III. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974-1976.
- Weizhong, G. – Raupach, M. – Wei-Liang, J.: Korrosionsprodukte und deren Volumenfaktor bei der Korrosion von Stahl in Beton. Beton- und Stahlbetonbau. 2010., Volume 105., Heft 9. pp. 572-578.
- Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile. Band 1. Grundlagen. Auflage 3. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1996.
- Wesche, K. – Schubert, P.: Baustoffe für tragende Bauteile. Band 2. Beton, Mauerwerk. Auflage 3. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1993.
- Wierig, H. J.: Die Warmbehandlung von Beton. Zement-Taschenbuch. Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1970/71., pp. 203-236.
- Wierig, H.-J. – Restorff, B.: Konsistenz und Ansteifen des Frischbetons. 1. kötet. Einfluß verschiedener Zemente und unterschiedlicher Frischbetontemperaturen. Schriftenreihe des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie, Heft 4. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1989.
- Wierig, H.-J. – Restorff, B.: Konsistenz und Ansteifen des Frischbetons. 2. kötet. I. Einfluß verschiedener Flugaschen. II. Einfluß verschiedener Betonverflüssiger. Schriftenreihe des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie, Heft 6. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1990.
- Wierig, H.-J. – Restorff, B.: Konsistenz und Ansteifen des Frischbetons. 3. kötet. Vergleichende Untersuchungen unter Labor- und großtechnischen Bedingungen. Schriftenreihe des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie, Heft 10. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1998.
- Windisch A.: Valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapismeretek. Szalai Kálmán „A beton minőségellenőrzése” című könyvének 3. fejezete. Szabványkiadó, Budapest, 1982.
- Windisch A.: A beton minőségének ellenőrzése. Balázs György „Építőanyag praktikum” című könyvének 4.6.2. fejezete. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1983.

- Windisch A.: Általánosított Rankine törési kritérium betonra. (<https://www.betonopus.hu/notesz/windisch-rankine-toreselmelet.pdf>)
- Winkler, H.: Über mechanische Eigenschaften von normalfestem und hochfestem Beton unter besonderer Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls. Forschungsbericht 288. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung. Berlin, 2010.
- Winkler J. (I.-né): Gépgyártás – szabványok, CE jelölés. „Együtt az Európai Unióban” című magyar-szlovák vállalkozói konferenciáján, Nyitrán, 2005. november 10-én elhangzott előadás. www.nkik.hu/download.php?id=278
- Wittmann, F. H. – Englert, G.: Bestimmung der Mikroporenverteilung im Zementstein. Materials Science and Engineering. 2. 1967. pp. 14-20.
- Wittmann, F. H.: Werkstoffwissenschaften und Bausanierung. Teil 3. Expert Verlag. Ehningen bei Böblingen, 1993.
- Wollbold, F.: Über ein bildgebendes Ultraschallecho. Verfahren für die Zerstörungsfreie Prüfung von Betonbauteilen. Dissertation. Fakultät Bauwesen der Universität Dortmund. 1998.
<https://core.ac.uk/download/pdf/46902093.pdf>
- Wöhl, U.: Bewertung der Bauwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 13791. beton. Jg. 59. 2009. Nr. 4, pp. 130-137.
- Wörner, J-D. – Moerland, P. – Giebenhain, S. – Kloft, H. – Leiblein, K.: DAfStb Heft 508. Zulässige Toleranzen für die Abweichungen der Mechanischen Kennwerte von Beton mit rezykliertem Zuschlag. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2000.
- Zabell, S. L.: On Student’s 1908 Article „The Probable Error of a Mean”. Journal of the American Statistical Association. March 2008. Vol. 103. No. 481, pp. 1-7.
- Zagorác M. – Szabó B.: BIM-Kézikönyv. 1. kötet. Bevezetés az épületinformációs modellezésbe. Lechner Nonprofit Kft.. Budapest, 2018.
- Zäschke, W.: Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit von Beton. Betonwerk + Fertigteil-Technik. 60. Jg. 1994. Heft 9, pp. 94-100. Bauverlag GmbH, Wiesbaden.
- Zein, M. T.: Studie über das Bruchverhalten des Betons unter Zug- und Druckbeanspruchungen. EMPA Bericht 200. Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe. Dübendorf, Svájc, 1974.
- Zement-Taschenbuch: vdz. Verein Deutscher Zementwerke e.V. 51. Ausgabe. Verlag Bau+Technik GmbH. Düsseldorf, 2002 és 2008.
- Zener, C.: Elasticity and Anelasticity of Metals. Chicago University Press, Chicago, 1948.
- Ziegler, C. – Hoffmeister, H.: Anorganische Chemie für Schüler. https://de.wikibooks.org/wiki/Anorganische_Chemie_für_Schüler/_Druckversion, 2014.

- Zielinski Sz.: Megjegyzéseim Schustler József válaszára. Tárgy: A hazai portland- és románcementek szaporasága. A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye. 1902. évf. XXXVI. kötet. XII. füzet. pp. 530-534.
- Zielinski Sz.: A román- és portlandcementek szilárdulása pépben, habarcsban és betonban. Az Anyagvizsgálók Nemzetközi Egyesületének koppenhágai kongresszusán elhangzott előadás. Pátria Kiadó. Budapest, 1909.
- Zilch, K. – Cyllök, M.: Zur Regelung der Betondeckung in EN 1992-1-1. BFT International Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2004. Jg. 70. Heft 8, pp. 10-17.
- Zilch, K. – Diederichs, C. J. – Katzenbach, R.: Handbuch für Bauingenieure. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 2001.
- Zilch, K. – Roos, F.: DAfStb Heft 507. Betonkennwerte für die Bemessung und das Verbundverhalten von Beton mit rezykliertem Zuschlag. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2000.
- Zilch, K. – Schießl, A.: Partical aspects. Fejezet a fib (CEB-FIP) Bulletin 3: Structural Concrete. Textbook on Behaviour, Desing and Performance. (Updated knowledge of the CEB/FIP Model Code 1990) Vol. 3. Fédération Internationale du Béton (fib) kiadványban. Lausanne, 1999. pp. 237-269.
- Zingg, Th.: Beitrag zur Schotteranalyse. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen. Band XV. 1935. pp. 39-140. Diss. Naturwiss. ETH Zürich, 1935. Nr. 849. <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/135183/eth-21472-02.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- ZTV-ING: Verkehrsblatt-Sammlung Nr. S1056: ZTV-ING, Teil 5. Tunnelbau. Abschnitt 1, geschlossene Bauweise; Abschnitt 2, offene Bauweise. Stand 12/2007.
- Zürcher, Ch. – Frank, Th.: Bauphysik. Bau und Energie. 5. überarbeitete Auflage. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. 2018.
- Zwicky, D. – Vogel, Th.: Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Strassenbrücken. Vorfabrizierte Spannbetonträger als einfache Balken. Forschungsauftrag Nr. AGB 1999/163 (93/99) auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung. Zürich, 2003, https://www.researchgate.net/publication/274894487_Beurteilung_der_Tragsicherheit_bestehender_Strassenbrucken_-_Vorfabrizierte_Spannbetontrager_als_einfache_Balken
- Zsák V.: A minőségi martinacélgyártás alapfeltételei, különös tekintettel a hazai viszonyokra. Bányászati és Kohászati Lapok. 1950. 2-3. szám. pp. 193-203.
- Zsigovics I.: Öntömörödő beton, a betontechnológia legújabb forradalma. 1. Fogalmak és vizsgálati módok. Vasbetonépítés, V. évfolyam. 1. szám, 2003. pp. 17-24.
- Yali Hao – Cheng Shi – Zhenxiao Bi – Ziqiang Lai – Anming She – Wu Yao: Recent Advances in Properties and Applications of Carbon Fiber-Reinforced Smart Cement-Based Composites. Materials (MDPI AG., Basel). 2023. (<https://doi.org/10.3390/ma16072552>)

